



**ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ**

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ

ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΟ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ  
ΪΔΡΥΜΑ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ



## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Μελέτη της υφής και των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών  
λευκού τυριού από βουβαλίσιο γάλα κατά την ωρίμανση.

ΝΙΚΟΛΑΪΔΟΥ ΖΩΗ

ΠΑΛΑΙΟΚΩΣΤΑ – ΑΒΡΑΜΙΔΟΥ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2014

Μελέτη της υφής και των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών λευκού τυριού από βουβαλίσιο γάλα κατά την ωρίμανση.

ΝΙΚΟΛΑΪΔΟΥ ΖΩΗ

ΠΑΛΑΙΟΚΩΣΤΑ – ΑΒΡΑΜΙΔΟΥ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ

Υποβολή Πτυχιακής διατριβής που αποτελεί μέρος των απαιτήσεων για την απονομή του Πτυχίου του Τμήματος Τεχνολογίας Τροφίμων του ΤΕΙ Θεσσαλονίκης.

Φεβρουάριος 2014

Εισηγήτρια: Δημητρέλη Γεωργία

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα θέλαμε να εκφράσουμε τις θερμότερες ευχαριστίες μας από καρδιάς, στην εισηγήτρια κα Δημητρέλη Γεωργία για την καθοδήγηση και την υποστήριξή της καθ'όλη τη διάρκεια διεκπεραίωσης της παρούσας πτυχιακής. Την κα Αντωνίου Κλειώ για τις συμβουλές της, τον κ. Εξαρχόπουλο Στέλιο, καθώς επίσης και την κα Μπαξεβάνου Μαρία για την πολύτιμη βοήθεια τους.

Μελέτη της υφής και των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών λευκού τυριού από βουβαλίσιο γάλα κατά την ωρίμανση.

ΝΙΚΟΛΑΪΔΟΥ ΖΩΗ

ΠΑΛΑΙΟΚΩΣΤΑ – ΑΒΡΑΜΙΔΟΥ ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ

ΤΕΙ Θεσσαλονίκης, Σχολή Τεχνολογίας Γεωπονίας & Τεχνολογίας Τροφίμων & Διατροφής, Τμήμα Τεχνολογίας Τροφίμων, 57400 Θεσσαλονίκη Τ.Θ. 141

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επίδραση του είδους του γάλακτος (βουβαλίσιο-αγελαδινό) και του χρόνου ωρίμανσης στην υφή και στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά λευκού τυριού. Για την παρασκευή των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε αγελαδινό και βουβαλίσιο γάλα, καθώς και μίγματα αυτών σε αναλογίες 70-30% και 30-70%, αντίστοιχα. Τα δείγματα εξετάστηκαν ως νωπά και μετά την ωρίμανση τους για χρονικό διάστημα 10, 30, 60 και 90 ημερών. Η υφή των δειγμάτων μελετήθηκε χρησιμοποιώντας τη συσκευή Texture Analyser, με την οποία εφαρμόστηκαν η δοκιμή ανάλυσης της υφής (TPA) και η δοκιμή χαλάρωσης.

Από την επεξεργασία των μετρήσεων προσδιορίστηκαν η ευθραυστότητα, η σκληρότητα 1 ( $H_1$ ), η σκληρότητα 2 ( $H_2$ ), η ενέργεια κατά την πρώτη δαγκωματιά ( $A_1$ ), η ενέργεια κατά τη δεύτερη δαγκωματιά ( $A_2$ ), ο λόγος  $A_2$  προς  $A_1$  (ο οποίος ορίζεται ως συνεκτικότητα) και η ελαστικότητα των δειγμάτων, καθώς και η αρχική δύναμη χαλάρωσης ( $F_0$ ) που αντιστοιχεί σε παραμόρφωση 10%, η υπολειμματική δύναμη χαλάρωσης ( $F_5$ ) μετά από 5 min σταθερής παραμόρφωσης και ο λόγος της υπολειμματικής δύναμης χαλάρωσης προς την αρχική δύναμη χαλάρωσης ( $F_5/F_0$ ), ο οποίος ορίζεται ως ελαστικότητα.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, τα δείγματα που παρασκευάστηκαν με βουβαλίσιο γάλα παρουσίασαν την υψηλότερη περιεκτικότητα (%) σε ξηρή ουσία, λίπος, λίπος επί ξηρής ουσίας, άζωτο, υδατοδιαλυτό άζωτο και υδατοδιαλυτό επί ολικού αζώτου. Η αύξηση του χρόνου ωρίμανσης είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση του συντελεστή ωρίμανσης των δειγμάτων, εκφρασμένου ως υδατοδιαλυτό επί ολικού αζώτου (%), μέχρι και τις 90 ημέρες αποθήκευσής τους. Τα δείγματα που παρασκευάστηκαν με αυξημένα ποσοστά προσθήκης βουβαλίσιου γάλακτος εμφάνισαν τις μικρότερες τιμές στις ιδιότητες της υφής. Η αύξηση του χρόνου ωρίμανσης είχε ως αποτέλεσμα την αποδυνάμωση του πρωτεϊνικού πλέγματος και τη μείωση των ιδιοτήτων της υφής.

## **Περιεχόμενα**

<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....</b>	<b>2</b>
2.1 Γενικά.....	2
2.2. Πρώτες ύλες για την παρασκευή τυριών.....	2
2.2.1. Γάλα και τα συστατικά του.....	2
2.2.2. Πυτιά.....	4
2.2.3. Οξυγαλακτική καλλιέργεια.....	7
2.2.4. Αλάτι.....	8
2.3. Βασικά στάδια παρασκευής τυριών.....	8
2.3.1. Προετοιμασία του γάλακτος.....	8
2.3.2. Προσθήκη οξυγαλακτικής καλλιέργειας.....	9
2.3.3. Πήξη του γάλακτος με πυτιά.....	9
2.3.4. Διαίρεση του πήγματος.....	9
2.3.5. Χειρισμός του τυροπήγματος.....	10
2.3.6. Αλάτιση.....	10
2.3.7. Ωρίμανση.....	10
2.4. Υφή των τυριών.....	11
2.4.1. Γενικά.....	11
2.4.2. Επίδραση της ωρίμανσης και της μέσης σύστασης στις ιδιότητες της υφής του τυριού.....	12
<b>3. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....</b>	<b>14</b>

<b>4. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ .....</b>	<b>15</b>
4.1 Παρασκευή των δειγμάτων λευκού τυριού άλμης .....	15
4.2. Μελέτη της υφής των δειγμάτων.....	17
4.3 Χημικές αναλύσεις .....	20
4.3.1. Προσδιορισμός του pH.....	20
4.3.2. Προσδιορισμός ξηρής ουσίας .....	20
4.3.3 Προσδιορισμός λίπους του γάλακτος με την μέθοδο Gerber .....	22
4.3.4 Προσδιορισμός λίπους του τυριού με τη μέθοδο Van Gulik.....	23
4.3.5 Προσδιορισμός αλατιού με τη μέθοδο Van Der Burg .....	24
4.3.6. Προσδιορισμός του Ολικού Αζώτου .....	26
4.3.7. Προσδιορισμός Υδατοδιαλυτού Αζώτου.....	28
4.4. Στατιστικός έλεγχος.....	29
<b>5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....</b>	<b>30</b>
5.1. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων λευκών τυριών .....	30
5.2. Ιδιότητες της υφής των δειγμάτων λευκών τυριών .....	40
5.2.1. Δοκιμή ανάλυσης της υφής.....	40
5.2.2. Δοκιμή χαλάρωσης .....	49
<b>6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....</b>	<b>52</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....</b>	<b>53</b>
Α. Ξένη βιβλιογραφία.....	53
Β. Ελληνική βιβλιογραφία.....	54

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ως λευκά τυριά άλμης, χαρακτηρίζονται τα μαλακά τυριά που ωριμάζουν και διατηρούνται μέσα σε άλμη. Πρωτοπαρασκευάστηκαν στην Νοτιοανατολική Ευρώπη και στις ανατολικές ηπειρωτικές χώρες και φέρουν διάφορες ονομασίες ανάλογα με τις χώρες προέλευσής τους (Ζερφυρίδης, 2001).

Το αγελαδινό γάλα μαζί με το κατσικίσιο και το πρόβειο αποτελούν το 87% της παγκόσμιας παραγωγής γάλακτος. Το βουβαλίσιο γάλα αποτελεί το 13% της παγκόσμιας παραγωγής γάλακτος και παράγεται κυρίως στην Ινδία και το Πακιστάν. Το λευκό χρώμα και η γλυκειά γεύση του βουβαλίσιου γάλακτος, το καθιστούν κατάλληλο για την παρασκευή διαφόρων ειδών τυριών, όπως η Mozzarella (Sindhu & Aroga, 2011). Η Mozzarella είναι ένα υψηλής ποιότητας ιταλικό τυρί, το οποίο έχει καταχωρηθεί από το ευρωπαϊκό δίκαιο με την Προστατευόμενη Ονομασία Προέλευσης (ΠΟΠ) και μπορεί να γίνει μόνο από βουβαλίσιο γάλα. Ωστόσο, στην Ιταλία και σε άλλες χώρες, παρόμοια προϊόντα γίνονται με τη χρήση γάλακτος βοοειδών, εξαιτίας του ότι είναι λιγότερο ακριβό σε σχέση με το βουβαλίσιο ( Rea et al., 2001).

Στην Ελλάδα τα λευκά τυριά άλμης καταναλώνονται ευρέως, καθώς καλύπτουν σημαντικό μέρος των ημερήσιων αναγκών του ανθρώπινου οργανισμού σε ενέργεια ανάλογα με την λιποπεριεκτικότητά τους. Παρασκευάζονται κυρίως από αιγοπρόβειο γάλα και σε μικρότερο ποσοστό από αγελαδινό (Ζερφυρίδης, 2001).

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επίδραση του είδους του γάλακτος (βουβαλίσιο και αγελαδινό) και του χρόνου ωρίμανσης στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά και στις ιδιότητες της υφής λευκού τυριού. Τα δείγματα των τυριών παρασκευάστηκαν από αμιγώς βουβαλίσιο ή αγελαδινό γάλα, καθώς και από μίγμα αυτών σε ποσοστό 70%-30% και 30%-70%, αντίστοιχα.

## **2. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ**

### ***2.1 Γενικά***

Τα λευκά τυριά αγγλόφωνα λέγονται wine brine cheeses ή απλά pickled cheeses και περιγράφονται σαν πολύ αλατισμένα τυριά που διατηρούνται σε άλμη. Το πολύ αλάτισμα έχει σαν προορισμό την καλύτερη διατήρηση και γεύση των τυριών. Γι' αυτό τα λευκά τυριά άλμης καταναλώνονται κυρίως στις περιοχές όπου το κλίμα είναι πολύ ζεστό. Πολύ γνωστά τυριά της συγκεκριμένης κατηγορίας είναι τα εξής: Domiati της Αιγύπτου και Queso Blanco της Νοτίου και Κεντρικής Αμερικής (Ζερφυρίδης, 2001).

Ως πρώτη ύλη το βουβαλίσιο γάλα χρησιμοποιείται κυρίως για την παρασκευή του τυριού Mozzarella, το οποίο ανήκει στην κατηγορία των πλαθόμενων τυριών με ελαστικό πήγμα και σχοινοειδή υφή (Ζερφυρίδης, 2001).

### ***2.2. Πρώτες ύλες για την παρασκευή τυριών***

#### ***2.2.1. Γάλα και τα συστατικά του***

Το είδος του γάλακτος που θα χρησιμοποιηθεί για την παρασκευή των τυριών αλλά και η χημική του σύσταση και η υγιεινή του κατάσταση αποτελούν βασικούς παράγοντες που επηρεάζουν τόσο την απόδοση όσο και την ποιότητα των τελικών προϊόντων.

Τα συστατικά του γάλακτος που βρίσκονται σε μεγαλύτερη αναλογία σε αυτό ονομάζονται βασικά, χωρίς αυτό να υποδηλώνει ότι τα υπόλοιπα συστατικά δεν επηρεάζουν την θρεπτική αξία, τα οργανοληπτικά, καθώς και τα τεχνολογικά του χαρακτηριστικά και των προϊόντων του. Αυτά είναι τα εξής: το νερό, οι πρωτεΐνες, το λίπος, η λακτόζη και τέλος τα άλατα. Στις πρωτεΐνες ανήκουν οι καζεΐνες και οι πρωτεΐνες ορού. Τα υπόλοιπα συστατικά σε μικρότερες αναλογίες είναι οι βιταμίνες, οι ορμόνες, οι αζωτούχες ουσίες μη πρωτεϊνικής φύσεως, οι αλδεΐδες, οι κετόνες, τα αλειφατικά οξέα, κύτταρα και αέρια (Smit, 2003).

**Νερό:** Το νερό είναι το συστατικό του γάλακτος που βρίσκεται σε μεγαλύτερη αναλογία σε αυτό. Η περιεκτικότητά του στα διάφορα είδη γάλακτος κυμαίνεται από 80-88%. Το νερό αποτελεί το μέσο στο οποίο υπάρχουν και τα υπόλοιπα συστατικά του γάλακτος είτε υπό τη μορφή μοριακού διαλύματος ή γαλακτώματος, είτε υπό



κολλοειδή διασπορά. Το νερό στο γάλα απαντάται είτε ως ελεύθερο είτε ως δεσμευμένο. Η περιεκτικότητα σε υγρασία των διάφορων γαλακτοκομικών προϊόντων επηρεάζει την υφή, τη γεύση, το χρώμα και φυσικά το χρόνο ζωής τους (Smit, 2003).

**Πρωτεΐνες:** Οι πρωτεΐνες του γάλακτος παρουσιάζουν μεγάλο ενδιαφέρον γιατί απαντούν σε υψηλή αναλογία σε αυτό, προσδιορίζουν σε μεγάλο βαθμό τις φυσικοχημικές του ιδιότητες, ιδιαίτερα αυτές που σχετίζονται με τη σταθερότητά του και έχουν υψηλή θρεπτική αξία. Επίσης έχουν υψηλό μοριακό βάρος και για αυτό συμπεριφέρονται ως κολλοειδή. Οι πρωτεΐνες του γάλακτος διακρίνονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες τις καζεΐνες και τις πρωτεΐνες ορού (Smit, 2003).

**Καζεΐνες:** Οι καζεΐνες είναι το κλάσμα των πρωτεϊνών που καθιζάνει ύστερα από οξίνιση σε pH 4,6 και θερμοκρασία 20°C. Με βάση τη διάταξη των αμινοξέων στο μόριό τους διακρίνονται σε  $\alpha_1$ -,  $\alpha_2$ -,  $\beta$ -, και  $\kappa$ -καζεΐνες. Πειραματικά δεδομένα έχουν δείξει ότι οι καζεΐνες έχουν χαμηλά επίπεδα δευτεροταγούς και τριτοταγούς δομής. Το γεγονός αυτό τις κάνει σταθερές έναντι σε παράγοντες που προκαλούν μετουσίωση και ευάλωτες στην πρωτεόλυση κατά την ωρίμανση των τυριών. Επίσης συμβάλει στην ύπαρξη μίας πιο ενεργής επιφάνειας. Επιπλέον η έλλειψη δευτεροταγούς δομής προσδίδει στα μόρια της καζεΐνης ευκαμψία.

**Πρωτεΐνες ορού:** Οι κυριότερες πρωτεΐνες ορού είναι η οροαλβουμίνη, η  $\alpha$ -γαλακταλβουμίνη, η  $\beta$ -γαλακτογλοβουλίνη και οι ανοσοσφαιρίνες. Οι πρωτεΐνες ορού σε αντίθεση με τις καζεΐνες έχουν υψηλά επίπεδα δευτεροταγούς, τριτοταγούς και τεταρτοταγούς δομής. Είναι τυπικές σφαιρικές πρωτεΐνες και μετουσιώνονται με την επίδραση της θέρμανσης. Δεν περιέχουν φώσφορο στο μόριό τους και δεν είναι ευαίσθητες στην παρουσία ιόντων ασβεστίου, περιέχουν όμως ενδομοριακούς δισουλφιδικούς δεσμούς, οι οποίοι σταθεροποιούν τη δομή τους.

**Λίπος:** Το λίπος στο γάλα βρίσκεται υπό τη μορφή λιποσφαιρίων, τα οποία περιβάλλονται από ένα λεπτό προστατευτικό στρώμα που ονομάζεται μεμβράνη. Ο ρόλος της μεμβράνης των λιποσφαιρίων είναι αφενός μεν να παρεμποδίζει τη συσσωμάτωσή τους – διατηρώντας το σφαιρικό τους σχήμα και επιτρέποντας τη διασπορά τους στο υδατικό περιβάλλον του γάλακτος – και αφετέρου να προστατεύει

το λίπος από την αυτοοξειδωση και τη δράση των ενζύμων του γάλακτος (Μάντης, 2005).

**Λακτόζη:** Η λακτόζη είναι το κύριο σάκχαρο του γάλακτος. Η παρουσία της είναι σημαντική γιατί αποτελεί πρωταρχικό παράγοντα στον έλεγχο των ζυμώσεων στα διάφορα γαλακτοκομικά προϊόντα, καθώς επίσης προσδίδει θρεπτική αξία στο γάλα, αποτελεί πηγή ενέργειας, πηγή γαλακτόζης, επηρεάζει τη διαλυτότητα των αποθηκευμένων γαλακτοκομικών προϊόντων και παίζει βασικό ρόλο στην εμφάνιση του χρώματος και της γεύσης στα γαλακτοκομικά προϊόντα που έχουν δεχτεί υψηλή θερμική επεξεργασία (Μάντης, 2005).

**Άλατα:** Το γάλα περιέχει οργανικά και ανόργανα άλατα. Τα κύρια άλατα του γάλακτος είναι τα χλωριούχα, φωσφορικά, και κιτρικά άλατα ασβεστίου, μαγνησίου, καλίου και νατρίου. Τα άλατα απαντώνται στο γάλα σε διάφορες μορφές. Κάποια από αυτά βρίσκονται στη διαλυτή μορφή, άλλα είναι ενωμένα με διάφορα συστατικά και τα υπόλοιπα απαντώνται υπό τη μορφή ιόντων. Ο ρόλος των αλάτων του γάλακτος είναι σημαντικός. Συγκεκριμένα, το ασβέστιο και ο φώσφορος σταθεροποιούν την κολλοειδή κατάσταση της καζεΐνης στο γάλα. Τα ιόντα ασβεστίου επηρεάζουν το μέγεθος των καζεϊνικών μικκυλίων, αλλά και την πήξη του γάλακτος κατά την παρασκευή τυριών. Η αύξηση των χλωριόντων αποτελεί ένδειξη προσβολής των ζώων από μαστίτιδα, ενώ το κιτρικό οξύ χρησιμοποιείται από μικροοργανισμούς για την παραγωγή αρωματικών ουσιών (Smit, 2003).

### 2.2.2. Πυτιά

Πυτιά ονομάζεται το εκχύλισμα που λαμβάνεται από το τέταρτο τμήμα του στομάχου (ήνυστρο) των μη απογαλακτισθέντων μυρηκαστικών και κυρίως μόσχων, αμνών και κατσικιών. Το εκχύλισμα αυτό είναι πλούσιο στο ένζυμο ρεννίνη ή χυμοσίνη και χρησιμοποιείται για την πήξη του γάλακτος στην τυροκόμηση (Παναγιωτόπουλος, 1981).

Ο όρος ρεννίνη χρησιμοποιείται ως όρος και σε άλλα ένζυμα, γι αυτό συνίσταται η χρησιμοποίηση του επιστημονικά καθιερωμένου όρου «Χυμοσίνη». Ο ρόλος της χυμοσίνης στο στομάχι των απογαλακτισθέντων ζώων είναι η πέψη του

γάλακτος. Η χυμοσίνη είναι πρωτεολυτικό ένζυμο και είναι το κυριότερο που περιέχεται στο εκχύλισμα που λαμβάνεται από το στομάχι των ζώων (Κεχαγιάς, 2011).

Η πυτιά κυκλοφορεί στο εμπόριο σε δύο μορφές α) υγρή και β) σκόνη. Η πηκτική της δύναμη κυμαίνεται ανάλογα με τις συνθήκες και την διάρκεια διατήρησης, καθώς και την μορφή στην οποία διατίθεται. Συνήθως η υγρή έχει ισχύ 1: 15000 , ενώ η σκόνη 1:100000. Η υγρή πυτιά σε σύγκριση με τη σκόνη έχει το πλεονέκτημα ότι μπορεί εύκολα να μετρηθεί ποσοτικά, έχει όμως τα εξής μειονεκτήματα: α) χρειάζεται ψυγείο για την διατήρηση της, β) χάνει σε μεγαλύτερο βαθμό από ότι η σκόνη την πηκτική της δύναμη κατά την διάρκεια της αποθήκευσης, γ) επιμολύνεται ευκολότερα από μικροοργανισμούς (Κεχαγιάς , 2011).

#### **2.2.2.1. Μηχανισμός πήξης**

Η πήξη του γάλακτος με την επίδραση πυτιάς πραγματοποιείται σε δύο φάσεις.

##### *Πρώτη φάση*

Κατά την πρώτη φάση, η οποία ονομάζεται ενζυματική, λαμβάνει χώρα μία ειδική πρωτεόλυση. Συγκεκριμένα, το ένζυμο ρεννίνη ή χυμοσίνη διασπά την κ-καζεΐνη, η οποία βρίσκεται στην επιφάνεια των καζεϊνικών μικκυλίων και είναι υπεύθυνη για την σταθερότητα τους. Η κ-καζεΐνη έχοντας στο μόριο της την μικρότερη ποσότητα φωσφόρου σε σχέση με τις άλλες πρωτεΐνες, τις προστατεύει από την συσσωμάτωση τους παρουσία ιόντων ασβεστίου, τα οποία υπάρχουν φυσιολογικά στο γάλα. Η διάσπαση της κ-καζεΐνης γίνεται στον πεπτιδικό δεσμό φαινυλαλανίνη 105-μεθειονίνη 106. Από την ενζυματική διάσπαση παράγεται η παρά-κ-καζεΐνη, η οποία παραμένει στην επιφάνεια των καζεϊνικών μικκυλίων, και ένα υδρόφιλο γλυκομακροπεπίδιο, το οποίο αποσπάται από την κ-καζεΐνη και πηγαίνει στην υδάτινη φάση. Η φαινυλαλανίνη παραμένει στην κ-καζεΐνη, ενώ η μεθειονίνη πηγαίνει στο γλυκομακροπεπίδιο. Η φάση αυτή έχει μεγάλη ταχύτητα και ολοκληρώνεται σε λίγα λεπτά και σε χαμηλές θερμοκρασίες (Fox et al., 2000; Κεχαγιάς, 2011).

## *Δεύτερη φάση*

Μετά την διάσπαση της κ-καζεΐνη χάνει την προστατευτική της ικανότητα έναντι των υπολοίπων καζεϊνών με αποτέλεσμα, τα αποσταθεροποιημένα πλέον καζεϊνικά μικκύλια παρουσία ιόντων ασβεστίου να συνενώνονται σχηματίζοντας ένα τριδιάστατο πρωτεϊνικό πλέγμα μέσα στο οποίο παγιδεύονται μηχανικά και τα υπόλοιπα συστατικά του γάλακτος. Η δεύτερη φάση εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη θερμοκρασία πήξης (Fox et al., 2000; Κεχαγιάς, 2011).

### **2.2.2.2. Παράγοντες που επηρεάζουν τη δράση της πυτιάς**

- **Θερμοκρασία πήξης.** Η άριστη δράσης της πυτιάς είναι 40-41°C. Η πήξη του γάλακτος για την παρασκευή τυριού γίνεται σε θερμοκρασία περίπου 31°C. Η χαμηλότερη θερμοκρασία πήξης σε σχέση με την άριστη θερμοκρασία είναι απαραίτητη καθότι επιτρέπει την ανάπτυξη των μεσόφιλων καλλιιεργειών εκκίνησης. Επιπλέον η δομή του πήγματος βελτιώνεται σε χαμηλές θερμοκρασίες (Fox et al., 2000).
- **Περιεκτικότητα του γάλακτος σε πρωτεΐνες.** Αύξηση της περιεκτικότητας σε καζεΐνη έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του χρόνου πήξης λόγω μείωσης της σχέσης πυτιάς προς καζεΐνη (Fox et al., 2000).
- **Περιεκτικότητα του γάλακτος σε λίπος.** Αύξηση της περιεκτικότητας του γάλακτος σε λίπος από 0,1-10%, με σταθερή περιεκτικότητα πρωτεϊνών ενισχύει τη δράση της πυτιάς και κατ' επέκταση μειώνει το χρόνο πήξης και συγχρόνως επηρεάζει τα χαρακτηριστικά της δομής (Fox et al., 2000).
- **Συγκέντρωση πυτιάς.** Ο ρυθμός πήξης του γάλακτος σχετίζεται άμεσα με την ποσότητα της πυτιάς και μάλιστα υπάρχει μεταξύ τους γραμμική σχέση. Μελέτες ως προς την επίδραση της συγκέντρωσης της πυτιάς έδειξαν αύξηση της συνεκτικότητας του πήγματος, καμία αλλαγή ή μικρή μείωση αυτής (Fox et al., 2000).
- **Τιμή pH.** Ο χρόνος πήξης αυξάνεται με την αύξηση της τιμής pH, κυρίως σε τιμές pH πάνω από 6,4 (Fox et al., 2000). Το άριστο pH για τη δράση της χυμοσίνης είναι μεταξύ 5,0-5,5 (το ένζυμο έχει καλή σταθερότητα σε της

τιμές pH 5,0-6,0) και στο φυσιολογικό pH του γάλακτος (pH 6,5-6,7) σχηματίζεται ικανοποιητικό πήγμα. Σε τιμές μεγαλύτερες του 7,0 δεν γίνεται πήξη (Κεχαγιάς, 2011). Η συνεκτικότητα του πηγματος αυξάνεται σημαντικά σε τιμές pH 5,9-6,0 (Fox et al., 2000).

- **Θερμική επεξεργασία του γάλακτος.** Θερμική επεξεργασία του γάλακτος σε θερμοκρασία περίπου 65°C έχει ευεργετικό αποτέλεσμα στην πορεία πήξης που οφείλεται στην κατακρήμνιση του φωσφορικού ασβεστίου με επακόλουθο τη μείωση του pH. Οι μεταβολές αυτές μπορούν να συμβούν και σε υψηλότερες θερμοκρασίες όπου όμως λαμβάνουν χώρα μεταβολές στο γάλα που εμποδίζουν την πορεία πήξης. Οι μεταβολές αυτές αφορούν την αλλοδομή των πρωτεϊνών ορού και το σχηματισμό συμπλόκου της β-γαλακτογλοβουλίνης με την κ-καζεΐνη καθώς επίσης και τη μετατροπή των ελεύθερων ιόντων ασβεστίου στην κολλοειδή κατάσταση (Fox et al., 2000).
- **Ομογενοποίηση του γάλακτος.** Η ομογενοποίηση μειώνει το μέγεθος των λιποσφαιρίων και αυξάνει την επιφάνεια του λίπους. Ταυτόχρονα τα λιποσφαίρια καλύπτονται από μία στοιβάδα πρωτεϊνών που αποτελείται από καζεΐνες και πρωτεΐνες ορού. Τα νέα λιποσφαίρια συμπεριφέρονται σαν ψευδοπρωτεϊνικά σωματίδια και μπορούν να συμμετέχουν στη δομή του πρωτεϊνικού πλέγματος. Σύμφωνα με μελέτες η ομογενοποίηση μειώνει σε μικρό βαθμό το χρόνο πήξης, δεν επιδρά καθόλου στην συνεκτικότητα του πηγματος και προκαλεί μία μικρή αύξηση στον G' (Fox et al., 2000).
- **Ιόντα ασβεστίου.** Η προσθήκη γλωριούχου ασβεστίου ενισχύει τη δραστηριότητα της πυτιάς λόγω αύξησης των ιόντων, και μείωσης της τιμής pH. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του χρόνου πήξης και την αύξηση της συνεκτικότητας του πηγματος (Fox et al., 2000).
- **Άλλοι παράγοντες.** Η πήξη του γάλακτος επηρεάζεται επίσης από το στάδιο της γαλακτικής περιόδου, τη διατροφή του ζώου, τη σύσταση του γάλακτος καθώς επίσης και την υγεία του ζώου (Fox et al., 2000).

### 2.2.3. Οξυγαλακτική καλλιέργεια

Στην τυροκομία χρησιμοποιούνται καλλιέργειες οξυγαλακτικών βακτηρίων, οι οποίες προστίθενται στο γάλα μετά την παστερίωση του. Οι καλλιέργειες αυτές είναι

αρχικά υπεύθυνες για τη ζύμωση της λακτόζης και το σχηματισμό γαλακτικού οξέος. Η μείωση του pH που λαμβάνει χώρα όχι μόνο παρεμποδίζει την ανάπτυξη των ανεπιθύμητων μικροοργανισμών, αλλά διευκολύνει τη δράση της πυτιάς και τη στράγγιση και το σχηματισμό του τυροπήγματος. Επιπλέον, τα ένζυμα που απελευθερώνονται από τους μικροοργανισμούς της οξυγαλακτικής καλλιέργειας συμβάλουν σημαντικά στη χαρακτηριστική γεύση και οσμή των τελικών προϊόντων (Κεχαγιάς, 2011).

#### **2.2.4. Αλάτι**

Το αλάτι δεν προσδίδει μόνο γεύση στο τυρί αλλά δρα και ως φυσικό συντηρητικό. Αναστέλλει την ανάπτυξη των ανεπιθύμητων και επιβραδύνει την ανάπτυξη πολλών επιθυμητών μικροοργανισμών, ενώ ευνοεί άλλους για την ανάπτυξή τους, ρυθμίζοντας έτσι την συσχέτιση της πληθυσμιακής δύναμης των διαφόρων ομάδων μικροοργανισμών και κατ' επέκταση τη δραστηριότητά τους και τα γενικά βιολογικά φαινόμενα στο τυρί. Επίσης επηρεάζει τις φυσικοχημικές μεταβολές που λαμβάνουν χώρα κατά την ωρίμανση των τυριών (Ζερφυρίδης, 2001).

### **2.3. Βασικά στάδια παρασκευής τυριών**

#### **2.3.1. Προετοιμασία του γάλακτος**

α) Ποιοτικός έλεγχος: Το γάλα που προορίζεται για παραγωγή τυριού, υποβάλλεται σε έλεγχο της ποιότητάς του, ώστε να διαπιστωθεί αν είναι κατάλληλο για τον σκοπό αυτό. Ελέγχεται κυρίως η οξύτητά του, η ικανότητα προς πήξη και η τυχόν ύπαρξη αντιμικροβιακών ουσιών (αντιβιοτικών), οι οποίες μπορεί να επηρεάσουν την ανάπτυξη των οξυγαλακτικών στελεχών και κατά συνέπεια την ωρίμανση του τυριού (Μάντης, 2005).

β) Παστερίωση: Η παρασκευή τυριών, τα οποία θα είναι απαλλαγμένα από όλους τους επικινδύνους για τη Δημόσια Υγεία μικροοργανισμούς που προέρχονται κυρίως από τα ζώα, εξασφαλίζεται μόνο με την παστερίωση του γάλακτος με μία από τις αναγνωρισμένες μεθόδους (Μάντης, 2005).

### **2.3.2. Προσθήκη οξυγαλακτικής καλλιέργειας**

Με την παστερίωση το γάλα φέρεται σε θερμοκρασία ευνοϊκή για την ανάπτυξη των στελεχών της ειδικής καλλιέργειας και ενοφθαλμίζεται με την ανάλογη ποσότητα από την καλλιέργεια αυτή. Η ειδική οξυγαλακτική καλλιέργεια πρέπει να είναι πρόσφατα παρασκευασμένη και χωρίς επιμολύνσεις. Η ποσότητα του ενοφθαλμίσματος κυμαίνεται συνήθως από 0,5 έως 3,0% (V/V) ανάλογα με το είδος του τυριού. Το ενοφθαλμισμένο γάλα αφήνεται συνήθως σε επώαση για 30 min, ώστε να αυξηθεί η οξύτητά του σε επίπεδα που ευνοούν την ταχύτητα πήξεως  $pH = 6,2 - 6,4$ . Η προσθήκη χλωριούχου ασβεστίου γίνεται στη φάση αυτή (Μάντης, 2005).

### **2.3.3. Πήξη του γάλακτος με πυτιά**

Η πυτιά προετοιμάζεται υπό μορφή διαλύματος και προστίθεται στο γάλα σε ποσότητα ανάλογη με την πηκτική της δύναμη. Συνήθως χρησιμοποιούνται 1,0 – 3,0 g πυτιάς, πηκτικής δυνάμεως 1:100000 ανά 100 λίτρα γάλακτος. Το γάλα πρέπει να διατηρείται σε θερμοκρασία 30 – 35 °C και η πήξη πρέπει να ολοκληρωθεί σε χρόνο 30 – 60 min (Μάντης, 2005).

### **2.3.4. Διαίρεση του πήγματος**

Με την πρόοδο και τη συμπλήρωση της πήξης, αυξάνεται η τάση του πήγματος και μειώνεται η ικανότητά του για τη συγκράτηση του νερού. Το πήγμα αρχίζει να συναιρείται και να αποβάλλει την υδατινή φάση, η οποία είναι πλούσια σε υδατοδιαλυτά συστατικά και καλείται τυρόγαλα. Το τυρόγαλα περιέχει το σύνολο σχεδόν των πρωτεϊνών ορού, το μεγαλύτερο μέρος της λακτόζης, των διαλυτών αλάτων και των υδατοδιαλυτών βιταμινών, καθώς και μικρή ποσότητα λίπους. Η αποβολή του τυρογάλακτος επιτυγχάνεται με την κοπή του πήγματος με ειδικούς τυροκόπτες (Μάντης, 2005).

### **2.3.5. Χειρισμός του τυροπήγματος**

Μετά την κοπή, το τυρόπηγμα υποβάλλεται σε άμεση στράγγιση. Το τυρόπηγμα τοποθετείται σε καλούπια διαφόρου σχήματος, όπου αφήνεται συνήθως χωρίς πίεση να αποβάλλει το τυρόγαλα και να μορφοποιηθεί. Τα καλούπια είναι μεταλλικά, πλαστικά ή ξύλινα. Τα καλύτερα από άποψη υγιεινής είναι τα ανοξείδωτα καλούπια. Όταν γίνει η στράγγιση στο βαθμό που απαιτείται για το είδος του τυριού και η τυρομάζα αποκτήσει την απαραίτητη συνεκτικότητα, τότε το προϊόν είναι έτοιμο για τη φάση της αλατίσεως (Μάντης, 2005).

### **2.3.6. Αλάτιση**

Όλα τα είδη τυριών αμέσως μετά από την στράγγιση και τη μορφοποίηση τους, αλατίζονται. Η αλάτιση γίνεται είτε με προσθήκη κρυσταλλικού αλατιού (ξηρή αλάτιση), είτε με τοποθέτηση σε άλμη (υγρή αλάτιση), ή με συνδιασμό των δύο μεθόδων (Μάντης, 2005).

— Η ξηρή αλάτιση μπορεί να είναι εσωτερική, οπότε λεπτόκοκκο αλάτι ζυμώνεται με την τυρομάζα πριν από την μορφοποίησή της, ή επιφανειακή οπότε χρησιμοποιείται χονδρόκοκκο αλάτι το οποίο επιπάσσεται μία ή περισσότερες φορές στην επιφάνεια του τυριού.

— Η υγρή αλάτιση γίνεται με βάπτιση των μορφοποιημένων τεμαχίων της τυρομάζας σε άλμη συγκέντρωσης 12 – 18 %. Σε περίπτωση μικτής αλατίσεως, είτε προηγείται η υγρή αλάτιση και έπεται η ξηρή ή αντίστροφα.

### **2.3.7. Ωρίμανση**

Τα περισσότερα είδη τυριών προκειμένου να διαμορφωθούν σε έτοιμα για κατανάλωση προϊόντα πρέπει πρώτα να ωριμάσουν για ορισμένο χρονικό διάστημα, το οποίο εξαρτάται από το είδος του τυριού (Μάντης, 2005). Τα μαλακά τυριά όπως η φέτα και ο τελεμές που ανήκουν στα λευκά τυριά άλμης ωριμάζουν για περίπου 2 μήνες πριν δοθούν στην κατανάλωση. Η ωρίμανση αρχικά γίνεται σε χώρο θερμοκρασίας περίπου 18°C (μία έως τρεις εβδομάδες) και στη συνέχεια ωριμάζουν,



αφού συσκευαστούν σε θερμοκρασία 4-5°C. Για να συσκευαστούν τα τυριά πρέπει το pH τους να είναι κάτω από 4,8, ο συντελεστής άλατος περίπου 5% και η υγρασία τους περίπου 54% (Ζερφυρίδης, 2001).

## **2.4. Υφή των τυριών**

### **2.4.1. Γενικά**

Υφή των τροφίμων (κατά Szczesniak) ονομάζεται το σύμπλεγμα των ιδιοτήτων, που προκύπτουν από τα δομικά συστατικά των τροφίμων και κατ' επέκταση των τυριών (μοριακά, μικροσκοπικά, μακροσκοπικά), σε συνάρτηση με τον τρόπο αντίληψης των ιδιοτήτων αυτών με τις ανθρώπινες αισθήσεις (αφή) (Καζάζης, 1995).

Τα χαρακτηριστικά της υφής (κατά Szczesniak) χωρίζονται σε μηχανικά, γεωμετρικά και άλλα χαρακτηριστικά.

#### A) Πρωτογενή χαρακτηριστικά

**Σκληρότητα:** Η δύναμη που χρειάζεται να γίνει μια ορισμένη παραμόρφωση.

**Συνεκτικότητα:** Η ελκτική δύναμη των εσωτερικών δεσμών που δημιουργεί τη συνοχή ενός προϊόντος.

**Ελαστικότητα:** Ο ρυθμός επαναφοράς ενός παραμορφωμένου υλικού στην αρχική του κατάσταση μετά την απομάκρυνση της δύναμης, που προκάλεσε παραμόρφωση.

#### B) Δευτερογενή χαρακτηριστικά

**Ευθραυστότητα:** Η δύναμη που απαιτείται για τη θραύση ενός τροφίμου. Σχετίζεται με τη σκληρότητα και τη συνεκτικότητα.

**Μασητικότητα:** Η ενέργεια που χρειάζεται για το μάσημα μιας στερεάς τροφής, ώστε να καταστεί έτοιμη για κατάποση. Σχετίζεται με τη σκληρότητα, τη συνεκτικότητα και την ελαστικότητα.

Οι ιδιότητες της υφής του τυριού είναι εκείνες που καθορίζουν την αντίδρασή του σε μια τάση ή μια παραμόρφωση (π.χ συμπίεση, διάτμηση ή κοπή) και εφαρμόζονται κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας (π.χ τεμαχισμός, άλεση) και της κατανάλωσης (τεμαχισμός, επάλειψη, μάσημα). Οι ιδιότητες αυτές καθορίζονται από

την εφαρμογή μιας σταθερής τάσης ή μιας παραμόρφωσης σε ένα δείγμα τυριού κάτω από καθορισμένες πειραματικές συνθήκες.

Μία ευρέως χρησιμοποιούμενη δοκιμή για τη μελέτη της υφής των τροφίμων, η οποία ανήκει στις εμπειρικές δοκιμές, είναι η δοκιμή ανάλυσης της υφής (TPA) κατά την οποία προσμοιάζετε η μάσηση με διπλή δαγκωματιά (Steffe, 1996).

#### **2.4.2. Επίδραση της ωρίμανσης και της μέσης σύστασης στις ιδιότητες της υφής του τυριού**

Οι ιδιότητες της υφής του τυριού εξαρτώνται από τη ρεολογική συμπεριφορά των μεμονωμένων συστατικών του (πρωτεΐνη, λίπος και υγρασία) καθώς και από την αλληλεπίδραση αυτών. Η δομή, που αντιπροσωπεύει τον τρόπο με τον οποίο τα μεμονωμένα συστατικά συνυπάρχουν, και τη φύση των συστατικών (δηλ. είτε στερεό είτε υγρό) είναι σημαντικοί καθοριστικοί παράγοντες (Fox et al., 2000).

Μετά την εφαρμογή μίας τάσης σε ένα τυρί, το πλέγμα θα αντισταθεί αρχικά στην παραμόρφωση. Καθώς η συγκέντρωση της καζεΐνης στο πλέγμα του τυριού αυξάνεται, οι διαμοριακοί και ενδομοριακοί δεσμοί του γίνονται πιο πολυάριθμοι και το πλέγμα παρουσιάζει μεγαλύτερη ελαστικότητα και είναι δυσκολότερο να παραμορφωθεί. Οι παράγοντες που συμβάλουν στην αποδυνάμωση του καζεϊνικού πλέγματος μειώνουν την τάση που απαιτείται για να προκαλέσει μία δεδομένη παραμόρφωση. Ως εκ τούτου, η τάση θραύσης και η σταθερότητα του τυριού μειώνεται γενικά με το χρόνο ωρίμανσης εξαιτίας της υδρόλυσης και της ενυδάτωσης της καζεΐνης, εκ των οποίων και οι δύο δοκιμασίες συμβάλουν στην αποσύνθεση του καζεϊνικού πλέγματος. Η δομή του τυριού αποδυναμώνεται εμφανώς από την πρόωρη υδρόλυση της  $\alpha_{s1}$  – καζεΐνης μέσω της υπολειμματικής δράσης της χυμοσίνης στο δεσμό Phe<sub>23</sub> – Phe<sub>24</sub>. Η ακολουθία 1-23 της  $\alpha_{s1}$  – καζεΐνης είναι έντονα υδρόφοβη και αλληλεπιδρά με τις υδρόφοβες περιοχές άλλων  $\alpha_{s1}$  – και  $\beta$ - μορίων καζεΐνης και έτσι αυτό συμβάλει στην ολική συνοχή και την ακεραιότητα του πλέγματος (Fox et al., 2000).

Η συμβολή του λίπους στις ιδιότητες της υφής του τυριού εξαρτάται από τη φυσική κατάστασή του και επομένως από τη θερμοκρασία, η οποία ελέγχει την αναλογία του στερεού λίπους προς το υγρό λίπος. Σε χαμηλές θερμοκρασίες (<5°C),

όπου το λίπος του γάλακτος είναι κυρίως στερεό, το λίπος προσθέτει στην ελαστικότητα του καζεϊνικού πλέγματος. Τα στερεά λιποσφαίρια περιορίζουν την παραμόρφωση του καζεϊνικού πλέγματος, δεδομένου ότι η παραμόρφωση του τελευταίου απαιτεί επίσης την παραμόρφωση των λιποσφαιρίων που είναι εγκλωβισμένα μέσα στους πόρους του. Καθώς το ποσοστό του υγρού λίπους αυξάνεται, το λίπος συμπεριφέρεται περισσότερο όπως ένα ρευστό και προσδίδει ιξώδη δομή παρά ελαστικότητα ή ακαμψία στο τυρί. Επιπλέον, το υγρό λίπος ενεργεί ως λιπαντικό στις επιφάνειες θραύσης του καζεϊνικού πλέγματος και με αυτόν τον τρόπο μειώνεται η τάση που απαιτείται για να σπάσει το πλέγμα. Ως εκ τούτου, για μία δεδομένη περιεκτικότητα σε λίπος, αύξηση της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της συμπίεσης οδηγεί σε μία χαρακτηριστική μείωση του συντελεστή ελαστικότητας, της τάσης θραύσης και της σταθερότητας. Μία αύξηση του λίπους επί ξηρής ουσίας του τυριού (διατηρώντας σταθερές τις άλλες παραμέτρους) έχει σαν αποτέλεσμα μείωση της τάσης θραύσης. Όσο η θερμοκρασία αυξάνεται τόσο περισσότερο η αύξηση του λίπους επί ξηρής ουσίας επιδρά στη μείωση της τάσης θραύσης. Γενικά μία αύξηση της περιεκτικότητας του τυριού σε λίπος συνοδεύεται από μείωση του ποσοστού πρωτεΐνης και υγρασίας καθώς και από μείωση της τάσης θραύσης και της σταθερότητας (Fox et al., 2000).

Το τρίτο σημαντικό συστατικό του τυριού είναι η υγρασία, η οποία ενεργεί ως πλαστικοποιητής στο πρωτεϊνικό πλέγμα, καθιστώντας το με αυτόν τον τρόπο λιγότερο ελαστικό και πιο ευαίσθητο στη θραύση κατά τη συμπίεση. Συνεπώς, η αύξηση της περιεκτικότητας σε υγρασία των τυριών έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του συντελεστή ελαστικότητας, της τάσης θραύσης και της σταθερότητας (Fox et al., 2000). Ένας από τους ρόλους του νερού είναι να ενεργεί ως χαμηλού ιξώδους λιπαντικό μεταξύ των επιφανειών του λίπους και της καζεΐνης. Όσο μεγαλύτερο το ποσοστό του νερού και όσο ευρύτερα τα διαστήματα που είναι διαθέσιμα για το νερό για να διατρέξει μέσα σε αυτά, τόσο λιγότερο θα πρέπει να περιορίζεται η κίνηση του καζεϊνικού πλέγματος γύρω από το εγκλωβισμένο λίπος. Αυτή η πιο ελεύθερη μετακίνηση έχει ως συνέπεια μικρότερη αντίσταση σε οποιαδήποτε παραμόρφωση και μεγαλύτερη ευκολία ανάκτησης του αρχικού του σχήματος μετά την παραμόρφωσή του (Prentice, 1987).

### **3. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ**

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η επίδραση του είδους του γάλακτος (βουβαλίσιο και αγελαδινό) και του χρόνου ωρίμανσης στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά και στις ιδιότητες της υφής λευκού τυριού.

Τα δείγματα των τυριών παρασκευάστηκαν από αμιγώς βουβαλίσιο ή αγελαδινό γάλα, καθώς και από μίγμα αυτών σε ποσοστό 70%-30% και 30%-70%, αντίστοιχα.

Η ρεολογική συμπεριφορά των δειγμάτων μελετήθηκε με τη χρήση του οργάνου μελέτης της υφής Texture Analyser. Στα δείγματα εφαρμόστηκε η δοκιμή TPA και η δοκιμή χαλάρωσης. Τα δείγματα εξετάστηκαν ως νωπά (αμέσως μετά τη συσκευασία τους) και μετά τη διατήρηση τους στους 4°C για χρονικό διάστημα 10, 30, 60 και 90 ημερών.

## 4. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### 4.1 Παρασκευή των δειγμάτων λευκού τυριού άλμης

Για την παρασκευή των δειγμάτων λευκού τυριού χρησιμοποιήθηκε βουβαλίσιο και αγελαδινό γάλα, στα οποία πραγματοποιήθηκαν οι εξής φυσικοχημικές αναλύσεις: προσδιορισμός ξηρής ουσίας και λίπους (Πίνακας 4.1).

Πίνακας 4.1. Χημική σύσταση βουβαλίσσιου και αγελαδινού γάλακτος

<i>Είδος γάλακτος</i>	<i>Ξηρή ουσία (%)</i>	<i>Λίπος (%)</i>
Βουβαλίσιο	16,404	6,35
Αγελαδινό	10,875	2,23

Συνολικά παρασκευάστηκαν 4 διαφορετικά δείγματα τυριού, τα οποία περιείχαν 100% βουβαλίσιο γάλα, 100% αγελαδινό γάλα και σε διαφορετικές αναλογίες τα δύο είδη γάλακτος (70% βουβαλίσιο γάλα και 30% αγελαδινό, 30% βουβαλίσιο γάλα και 70% αγελαδινό). Για το κάθε δείγμα τυριού χρησιμοποιήθηκαν 7,5 kg γάλακτος, ενώ η παρασκευή των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε δύο φορές (2 παρτίδες).

Αρχικά παστεριώθηκαν το βουβαλίσιο και το αγελαδινό στους 72°C και στη συνέχεια ακολούθησε η ψύξη τους στους 20°C και η παρασκευή των 2 μιγμάτων. Κατόπιν τα δείγματα που αποτελούνταν από 100% βουβαλίσιο γάλα, 100% αγελαδινό γάλα, 70% βουβαλίσιο γάλα και 30% αγελαδινό, 30% βουβαλίσιο γάλα και 70% αγελαδινό τοποθετήθηκαν στο ψυγείο μέχρι να επεξεργαστούν.

Η παρασκευή όλων των δειγμάτων πραγματοποιήθηκε ως εξής: Το γάλα θερμάνθηκε στους 35°C, προστέθηκε καλλιέργεια οξυγαλακτικών βακτηρίων (Jointex X3, Dosi 4; CSL Centro Spermentale, de Latte S.P.A, Zelo Buon Persico, Italy), η οποία περιείχε τους μικροοργανισμούς *Streptococcus thermophilus* και *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* (18,75ml) και παρέμεινε στον κλίβανο για 15 min. Στη συνέχεια ακολούθησε προσθήκη διαλύματος χλωριούχου ασβεστίου συγκέντρωσης 40% και διαλύματος πυτιάς (Danaes, Thessaloniki, Greece), η οποία είχε περιεκτικότητα σε χυμοσίνη 95% και πεψίνη 5%, ενώ η πηκτική της δύναμη ήταν 883 IMCU. Κατόπιν το γάλα παρέμεινε σε ηρεμία σε κλίβανο στους 35°C για 30min.

Μετά την ολοκλήρωση της πήξης, το τυροπήγμα διαιρέθηκε σε κομμάτια 2×2cm, έπειτα από κοπή κάθετα, οριζόντια, και διαγώνια, αναδεύτηκε ελαφρά ώστε να ξεχωρίσουν τα τεμάχια του και παρέμεινε στον κλίβανο για 20min ώστε να αποβληθεί ο ορός.

Στη συνέχεια το τυροπήγμα μεταφέρθηκε σε καλούπια, όπου και υποβλήθηκε σε στράγγιση, ώστε να απομακρυνθεί όσο το δυνατόν περισσότερο τυρόγαλα. Ακολούθησε τοποθέτηση στον κλίβανο ξανά για 20 ώρες στους 16°C. Μετά την ολοκλήρωση του στραγγίσματος και αφού τα τεμάχια τυροπήγατος αφαιρέθηκαν από τα καλούπια, κόπηκαν σε παραλληλόγραμμα κομμάτια και ακολούθησε το αλάτισμα αυτών με εμβάπτιση τους σε άλμη 15% για περίπου 12 ώρες, ενώ στη συνέχεια τοποθετήθηκαν σε μεγάλα πλαστικά δοχεία όπου και αλατίστηκε η επιφάνεια αυτών με χονδρόκοκκο αλάτι. Τα κομμάτια του τυριού αναποδογυρίζονταν ανά τακτά χρονικά διαστήματα και προσθέτονταν επιπλέον ποσότητα αλατιού μέχρι να μειωθεί η υγρασία και το pH του και να απορροφηθεί η επιθυμητή ποσότητα αλατιού. Το υγρό – ξηρό αλάτισμα διήρκεσε 5 μέρες μέχρι τη συσκευασία των δειγμάτων. Όλο αυτό το χρονικό διάστημα η θερμοκρασία του θαλάμου παρέμενε στους 16°C.

Ακολούθησε η συσκευασία των δειγμάτων σε σακουλάκια που αποτελούνταν από τερεφθαλικό πολυεστέρα στο εσωτερικό τους και από πολυαιθυλένιο και πολυπροπυλένιο στην εξωτερική τους πλευρά. Τα σακουλάκια με τα δείγματα κλείστηκαν σε συσκευή κενού και τοποθετήθηκαν στην ψύξη (4°C) όπου και παρέμειναν συνολικά για χρονικό διάστημα 90 ημερών. Τα δείγματα των 0 ημερών εξετάστηκαν αμέσως μετά την συσκευασία τους, ενώ τα υπόλοιπα στις 10, 30, 60 και 90 ημέρες ωρίμανσης τους.

Τα δείγματα αναλύθηκαν ως προς τα φυσικοχημικά τους χαρακτηριστικά (προσδιορισμός pH, ξηρής ουσίας, υγρασίας, λίπους, αλατιού, συντελεστή άλατος, ολικού αζώτου, υδατοδιαλυτού αζώτου και συντελεστή ωρίμανσης). Επίσης μελετήθηκαν οι ιδιότητες της υφής τους.

Η απόδοση (%) των δειγμάτων [(kg τυριού / kg γάλακτος) x 100], απεικονίζεται στον Πίνακα 4.2.

Πίνακας 4.2. Απόδοση (%) των δειγμάτων τυριού [(kg τυριού / kg γάλακτος) x100].

<i>Είδος γάλακτος</i>	<i>Απόδοση %</i>
Βουβαλίσιο 100%	58,56
Αγελαδινό 100%	34,72
Βουβ - Αγελ 70-30%	52,19
Βουβ- Αγελ 30-70%	49,12

#### **4.2. Μελέτη της υφής των δειγμάτων**

Για τη μελέτη της υφής των δειγμάτων χρησιμοποιήθηκε το όργανο Texture Analyser TA.XT.plus. Η δοκιμές που εφαρμόστηκαν ήταν η TPA και η δοκιμή χαλάρωσης.

##### **Περιγραφή συσκευής**

Ο αναλυτής υφής TA – XTPlus Universal Texture Analyser (Texture Technologies Corp., USA) ανήκει στις συσκευές αξιολόγησης της υφής τροφίμων και μελέτης των ρεολογικών ιδιοτήτων τους. Περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα τυποποιημένων προγραμμάτων ανάλυσης υφής, συμπεριλαμβανομένων των δοκιμών τάσης – παραμόρφωσης, ημιτονοειδών δοκιμών, TPA, και τάσης χαλάρωσης.

##### **Προδιαγραφές της συσκευής**

1. Ανώτατη δύναμη                      Ευαισθησία δύναμης  
5 kg    0.1 g  
30 kg    1.0 g  
50 kg    1 – 3 g
2. Έυρος ταχυτήτων  
0,01 – 40 mm/sec (μέγιστη 20mm στην κεφαλή 50 kg)
3. Ακρίβεια ταχύτητας:  
καλύτερη από 0.1%
4. Ρύθμιση θέσης

- 0,001295 mm
5. Διακριτότητα θέσης  
0,001 mm
6. Ταχύτητα λήψης δεδομένων  
Μέχρι 500 σημεία ανά δευτερόλεπτο (ΜΑΔ) για κάθε κανάλι στοιχείων
7. Σύνδεση με Η/Υ  
Σύνδεση Η/Υ μέσω θύρας RS232 115200 BAUD
8. Θερμοκρασία λειτουργίας  
0 – 40 °C (32 – 104 °F)
9. Γενικές διαστάσεις  
665 mm (26.2”) ύψος x 440 mm (17.3”) βάθος x 280 mm (11”) πλάτος
10. Βάρος  
16,2 kg

### **Λειτουργία συσκευής**

Για την ορθή λειτουργία του TA – XTPlus απαιτείται η έναρξη της συσκευής περίπου μια ώρα πριν την χρήση της. Αρχικά, πραγματοποιείται βαθμονόμηση του μετρούμενου ύψους (απόσταση άνω πλάκας συμπίεσης από την κάτω) (height calibration) και της δύναμης που καταγράφει η κεφαλή ως αντίσταση (force calibration).

Έπειτα, το προς ανάλυση δείγμα τοποθετείται κεντρικά στον άξονα της πλάκας συμπίεσης, ακριβώς κάτω από την κινούμενη πλάκα. Μετά την εισαγωγή των απαραίτητων ρυθμίσεων έλεγχου της συσκευής, όπως ταχύτητα κίνησης, ποσοστό παραμόρφωσης, χρόνος χαλάρωσης, ταχύτητα λήψης δεδομένων κ.α. που είναι επιθυμητά για την δοκιμή, πατώντας την έναρξη ξεκινάει η καταγραφή των μετρήσεων .

Η κινούμενη κεφαλή κινείται με σταθερή ταχύτητα προς τα κάτω και συμπιέζει το τρόφιμο. Η σύνδεση του TA-XPlus με υπολογιστή βοηθάει τον χρήστη στην ορατή αντίληψη των ενδείξεων της συσκευής, καθώς στην οθόνη καταγραφής εξελίσσεται σταδιακά το διάγραμμα σε σχέση με τον χρόνο. Η κινούμενη κεφαλή



σταματά στο σημείο που έχει ρυθμιστεί από το χρήστη. Μετά την πρώτη χρήση της μπορεί να αφαιρεθεί από τη συσκευή η άνω πλάκα συμπίεσης, να καθαριστεί από υπολείμματα τροφίμου και να επανατοποθετηθεί για την ανάλυση του επόμενου δείγματος, αφού πρωτίστως βαθμονομηθεί εκ νέου ως προς την καταγραμμένη αντίσταση.

### **Μεταχείριση δειγμάτων**

Από το κεντρικό τμήμα των δειγμάτων κόπηκαν, με τη βοήθεια μεταλλικού σωλήνα διαμέτρου 22 mm, κυλινδρικά δείγματα ύψους 22 mm στα οποία εφαρμόστηκε παραμόρφωση 80 % με συμπίεση δύο μεταλλικών πλακών. Η άνω πλάκα είναι προσαρμοσμένη στο σύστημα μέτρησης φορτίου, ενώ η κάτω πλάκα είναι ακίνητη και αποτελεί τον υποδοχέα δοκιμίου.

Αρχικά εφαρμόστηκε στα δείγματα η TPA. Η συμπίεση έγινε σε δύο διαδοχικούς κύκλους, στον καθένα από τους οποίους η φόρτιση του δείγματος μέχρι παραμόρφωση 80 % ακολουθούνταν από αποφόρτιση μέχρι παραμόρφωση 0 %. Η δοκιμή αυτή επαναλήφθηκε 5 έως 7 φορές σε κάθε δείγμα (αποτίμηση μάζησης). Οι παράμετροι που προσδιορίστηκαν ήταν η ευθραυστότητα, η σκληρότητα 1 ( $H_1$ ), η σκληρότητα 2 ( $H_2$ ), η ενέργεια κατά την πρώτη δαγκωματιά ( $A_1$ ), η ενέργεια κατά τη δεύτερη δαγκωματιά ( $A_2$ ), ο λόγος  $A_2$  προς  $A_1$  (ο οποίος ορίζεται ως συνεκτικότητα) και η ελαστικότητα των δειγμάτων.

Στη συνέχεια εφαρμόστηκε η δοκιμή χαλάρωσης, κατά την οποία κάθε δείγμα υποβάλλεται σε παραμόρφωση 10% σε σχέση με το αρχικό του ύψος και στη συνέχεια αφήνεται προς χαλάρωση. Οι παράμετροι που μετρούνται είναι οι εξής:

- Αρχική δύναμη χαλάρωσης ( $F_0$ ) που αντιστοιχεί σε παραμόρφωση 10%
- Υπολειμματική δύναμη χαλάρωσης ( $F_5$ ) μετά από 5 min σταθερής παραμόρφωσης
- Ο λόγος της υπολειμματικής δύναμης χαλάρωσης προς την αρχική δύναμη χαλάρωσης ( $F_5/ F_0$ ), ο οποίος ορίζεται ως ελαστικότητα.

### **4.3 Χημικές αναλύσεις**

#### **4.3.1. Προσδιορισμός του pH**

Ο προσδιορισμός του pH εκφράζει το βαθμό ιονισμού ενός διαλύματος και κυμαίνεται από 6,6 – 6,7 στο φυσιολογικό και φρέσκο γάλα.

##### Υλικά και Όργανα

- Ποτηράκια ζέσεως των 100ml και γυάλινες ράβδοι
- Απεσταγμένο νερό
- Ζυγός
- Πεχάμετρο με κλίμακα μέτρησης pH από 0-14
- Ρυθμιστικά διαλύματα με pH 4 και pH 7 για τον έλεγχο και τη ρύθμιση του πεχάμετρου.

##### Τεχνική

Το πεχάμετρο ελέγχεται και ρυθμίζεται με τη βοήθεια των ρυθμιστικών διαλυμάτων. Σε ποτηράκι ζέσεως των 100ml προστίθενται 10g δείγματος και 10 ml απεσταγμένου νερού. Ακολουθεί ανάμιξη, μέχρις ότου το δείγμα να μετατραπεί σε μία ομοιογενή μάζα και μέτρηση του pH.

Η τελική τιμή του pH αποτελεί το μέσο όρο δύο μετρήσεων. Η απόκλιση μεταξύ των δύο αυτών μετρήσεων πρέπει να είναι μέχρι 0,03 pH.

#### **4.3.2. Προσδιορισμός ξηρής ουσίας**

Ο προσδιορισμός της ξηρής ουσίας γίνεται με τη σταθμική μέθοδο, που στηρίζεται στην ξήρανση του δείγματος στους  $102\pm 1^{\circ}\text{C}$  μέχρι σταθερού βάρους .

##### Υλικά και όργανα

- Πορσελάνινες κάψες
- Γυάλινες ράβδοι
- Άμμος
- Σιφόνια πλήρωσεως των 5 ml
- Αναλυτικός ζυγός
- Κλίβανος

→ Ξηραντήρας

### Τεχνική

Τοποθετούνται σε πορσελάνινες κάψες 20-30 g άμμου, μαζί με μία γυάλινη ράβδο και ξηραίνονται σε κλίβανο στους  $102\pm 1^{\circ}\text{C}$  για μία ώρα. Κατόπιν, μεταφέρονται σε ξηραντήρα ώστε να ψυχθούν και στη συνέχεια ζυγίζονται ( $\alpha_1$ ). Με τη βοήθεια σιφωνίου πλήρωσεως 5ml τοποθετείται σε κάψα 1ml γάλακτος και ακολουθεί ζύγιση ( $\alpha_2$ ). Με την γυάλινη ράβδο το δείγμα αναμειγνύεται με την άμμο και τοποθετείται στον κλίβανο στους  $102\pm 1^{\circ}\text{C}$  για τρεις ώρες. Μετά την ξήρανση ψύχεται στο ξηραντήριο και ζυγίζεται ( $\alpha_3$ ). Η ξήρανση στον κλίβανο επαναλαμβάνεται μέχρις ότου η διαφορά να είναι μικρότερη του 0,5mg (Mumm et al., 1970).

Η ξηρή ουσία (ΞΟ) του δείγματος υπολογίζεται σύμφωνα με τον τύπο:

$$\text{ΞΟ (\%)} = \frac{\alpha_3 - \alpha_1}{\alpha_2 - \alpha_1} \times 100$$

όπου:

$\alpha_1$  είναι το βάρος της κάψας, της άμμου και της ράβδου.

$\alpha_2$  είναι το βάρος της κάψας, της άμμου, της ράβδου και του δείγματος πριν την ξήρανση.

$\alpha_3$  είναι το βάρος της κάψας, της άμμου, της ράβδου και του δείγματος μετά την ξήρανση.

Η τιμή της ξηρής ουσίας του δείγματος είναι ο μέσος όρος δύο μετρήσεων. Η διαφορά μεταξύ των δύο μετρήσεων δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 0,05%. Η τιμή της υγρασίας υπολογίζεται ως εξής:  $Y (\%) = 100 - \text{Ξ.Ο.} (\%)$ . Για τον προσδιορισμό ξηρής ουσίας στα δείγματα γάλακτος ακολουθείται ακριβώς η ίδια διαδικασία, ενώ για το τυρί, η μόνη διαφορά είναι στην ποσότητα, δηλαδή στο 1g αυτού που τοποθετείται (Mumm et al., 1970).

### 4.3.3 Προσδιορισμός λίπους του γάλακτος με την μέθοδο Gerber

Ο προσδιορισμός του γάλακτος γίνεται με την μέθοδο Gerber, η οποία ανήκει στην κατηγορία των ογκομετρικών μεθόδων. Η μέθοδος στηρίζεται στην προσθήκη θειικού οξέος στο γάλα, η οποία έχει ως αποτέλεσμα τη διάσπαση όλων των συστατικών του εκτός από το λίπος, το οποίο μετά την καταστροφή της μεμβράνης των λιποσφαιρίων ελευθερώνεται και διαχωρίζεται από τα υπόλοιπα συστατικά με την βοήθεια αμυλικής αλκοόλης και την επίδραση φυγοκέντρισης.

#### Υλικά και όργανα

- Βουτυρόμετρα γάλακτος Gerber
- Θειικό οξύ
- Αμυλική αλκοόλη
- Φυγόκεντρος

#### Τεχνική

Αρχικά στα βουτυρόμετρα προστίθενται 10 ml θειικού οξέος με την βοήθεια αυτόματης συσκευής μέτρησης, και στην συνέχεια 11 ml γάλακτος τα οποία τοποθετούνται με προσοχή κρατώντας το σιφώνιο υπο γωνία 45° ακουμπώντας στον λαιμό του βουτυρομέτρου και το γάλα αφήνεται να πέσει σιγά σιγά στην αρχή για να αποφευχθεί απότομη ανάμιξη του με το θειικό οξύ και προκαλέσει το κάψιμο του λίπους. Ακόμα, γίνεται προσθήκη 1 ml αμυλικής αλκοόλης και το βουτυρόμετρο πωματίζεται και ανακινείται έως ότου διαλυθούν οι καζεΐνες του γάλακτος εντελώς. Μετά την ανακίνησή τους τα βουτυρόμετρα τοποθετούνται για φυγοκέντρωση στους 65°C στις 1200 στροφές για 5 λεπτά. Στην συνέχεια γίνεται η ανάγνωση των βουτυρομέτρων στην βαθμολογημένη κλίμακα. Τα βουτυρόμετρα είναι κατασκευασμένα έτσι, ώστε η ανάγνωσή τους να λαμβάνεται σε εκατοστιαία περιεκτικότητα σε λίπος του δείγματος. Η λιποπεριεκτικότητα (%) του δείγματος είναι η διαφορά μεταξύ των δύο μετρήσεων (ένδειξη μηνίσκου μείον ένδειξη διαχωριστικής γραμμής στοιβάδας λίπους και υπόλοιπων συστατικών). Η διαφορά μεταξύ δύο επαναλήψεων δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 0,1 % (Kirk & Sawyer, 1991).

#### 4.3.4 Προσδιορισμός λίπους του τυριού με τη μέθοδο Van Gulik

Η αρχή μεθόδου είναι ίδια με την μέθοδο προσδιορισμού λίπους για το γάλα κατά Gerber. Με την μέθοδο προσδιορίζεται το λίπος του τυριού.

##### Υλικά και όργανα

- Βουτυρόμετρα Van Gulik
- Θεικό οξύ
- Αμυλική Αλκοόλη
- Υδατόλουτρο
- Φυγόκεντρος

##### Τεχνική

Αρχικά, στον υποδοχέα των βουτυρομέτρων ζυγίζονται 3 g τυριού. Ο υποδοχέας τοποθετείται στο βουτυρόμετρο και από το πάνω ανοικτό στόμιο του βουτυρομέτρου προστίθεται θεικό οξύ μέχρι να καλυφθεί το τυρί. Στην συνέχεια τα βουτυρόμετρα μεταφέρονται σε υδατόλουτρο θερμοκρασίας 65°C για 20-30 min, με συχνή ανάδευση για να διαλυθεί η μάζα του τυριού. Επίσης προστίθεται αμυλική αλκοόλη σε ποσότητα 1 ml και ακολουθεί έντονη ανάδευση. Ακόμα προστίθεται θεικό οξύ μέχρι τα 4/5 της κλίμακας του βουτυρομέτρου, πωματίζεται και τοποθετείται στο υδατόλουτρο για 5 min. Ακολουθεί φυγοκέντρωση για 5 min στις 1200 στροφές στους 65°C και γίνεται ανάγνωση της κλίμακας του βουτυρόμετρου. Η περιεκτικότητα του δείγματος σε λίπος ανα 100 g τυριού είναι η διαφορά της κλίμακας μεταξύ της ανάγνωσης του κάτω και άνω άκρου της στοιβάδας του λίπους (VDLUFA, 1985).

#### Υπολογισμός λίπους επί ξηρής ουσίας

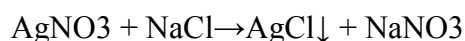
Ο υπολογισμός του λίπους επί ξηρής ουσίας (%) γίνεται σύμφωνα με τον τύπο:

$$\text{Λίπος επί ξηρής ουσίας (\%)} = (\text{Λίπος (\%)} / \text{Ξηρή ουσία (\%)} ) \times 100$$

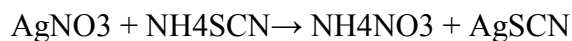
#### 4.3.5 Προσδιορισμός αλατιού με τη μέθοδο Van Der Burg

Η αρχή της μεθόδου είναι ίδια με τη μέθοδο που χρησιμοποιείται για το προσδιορισμό χλωριώντων στο γάλα.

Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή (Schneider & Roeder, 1979), μετά την οξίνιση του γάλακτος με νιτρικό οξύ και προσθήκη νιτρικού αργύρου κατακρημνίζονται τα χλωριόντα του γάλακτος.



Η περίσσεια του νιτρικού αργύρου ογκομετρείται με θειοκυανιούχο αμμώνιο παρουσία διαλύματος εναμμωνίουθειϊκού σιδήρου ως δείκτη.



Το ποσοστό χλωριόντων του γάλακτος υπολογίζεται από το ποσοστό του δεσμευμένου νιτρικού αργύρου.

##### Υλικά και όργανα

- Αναλυτική ζυγαριά
- Προχοΐδα
- Διάλυμα θειοκυανιούχου αμμωνίου ( $\text{NH}_4\text{SCN}$ ) 0,1 N
  - Ογκομετρικές φιάλες 100 ml
  - Σιφόνια 20 ml και 50 ml
  - Χωνιά διαμέτρου περίπου 6 cm
  - Διηθητικά χαρτιά
  - Κωνικές φιάλες 200 ml
  - Διάλυμα  $\text{NaOH}$  1N
  - Διάλυμα νιτρικού οξέος 25%
  - Διάλυμα Martius- Luttke

Για την παρασκευή του διαλύματος Martius- Luttke 16,986g  $\text{AgNO}_3$  διαλύονται με 200ml απεσταγμένου νερού σε ογκομετρική φιάλη του 1L. Ακολουθεί προσθήκη 400ml διαλύματος νιτρικού οξέος (25%), 250ml κεκορεσμένου διαλύματος

εναμμωνίου θειικού σιδήρου και απεσταγμένου νερού μέχρι τη χαραγή της φιάλης. Το διάλυμα που προκύπτει είναι διάλυμα  $\text{AgNO}_3$  0,1N.

### Τεχνική

Από το τριμμένο δείγμα τυριού ζυγίζονται 3,5 g με ακρίβεια 1 mg σε κάψα πορσελάνης και ακολουθεί προσθήκη 10ml  $\text{NaOH}$  1N. Το δείγμα με τη βοήθεια ραβδιού αναμίγνυεται ώστε να προκύψει ένα ομοιογενές διάλυμα. Ακολουθεί προσθήκη 60 ml απεσταγμένου θερμού ( $50^\circ \text{C}$ ) νερού με σύγχρονη ανάδευση.

Το ομοιογενές διάλυμα μεταφέρεται σε ογκομετρική φιάλη των 100 ml με σύγχρονο ξέπλυμα της κάψας και του ραβδιού με νερό, ώστε να εξασφαλιστεί η μεταφορά όλου του δείγματος στην ογκομετρική. Μετά την ψύξη του δείγματος προστίθεται στην ογκομετρική φιάλη 12 ml διαλύματος νιτρικού οξέος (25%) και νερό μέχρι την χαραγή της φιάλης.

Το δείγμα αναμιγνύεται και διηθείται με ξηρό φίλτρο. Από το διαυγές διήθημα μεταφέρεται ποσότητα 50 ml σε κωνική φιάλη και ακολουθεί προσθήκη 20 ml του νιτρικού διαλύματος Martius –Luttke . Το διάλυμα θερμαίνεται ήπια και τα χλωριόντα κατακρημνίζονται σαν  $\text{AgCl}$ .

Η περίσσεια των ιόντων Αργύρου ογκομετρείται με θειοκυανιούχο αμμώνιο μέχρι εμφάνισης καστανού χρωματισμού. Η περιεκτικότητα του τυριού σε αλάτι υπολογίζεται σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

$$\text{Αλάτι (\%)} = \frac{(\alpha_1 - \alpha_2) \times 0,00585 \times 100}{\frac{1}{2} B}$$

όπου:

$\alpha_1$  = τα ml του διαλύματος Martius- Luttke που προστέθηκαν στο δείγμα

$\alpha_2$  = τα ml του διαλύματος θειοκυανιούχου αμμωνίου που καταναλώθηκαν κατά την ογκομέτρηση

B = το βάρος του δείγματος του τυριού

1ml διαλύματος 0,1 N Martius- Luttke αντιστοιχεί σε 0,00585g  $\text{NaCl}$

### Υπολογισμός του Συντελεστή Άλατος

Ο Συντελεστής Άλατος υπολογίζεται σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

$$\text{Συντελεστής Άλατος (\%)} = \frac{A \times 100}{Y + A}$$

όπου:

A = η περιεκτικότητα του τυριού σε αλάτι (%)

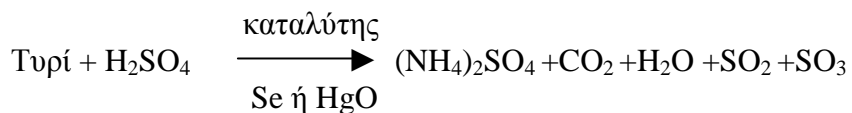
Y = η υγρασία του τυριού (%)

### 4.3.6. Προσδιορισμός του Ολικού Αζώτου

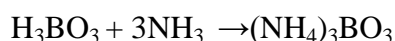
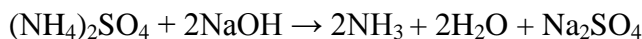
Ο προσδιορισμός του ολικού αζώτου (TN) γίνεται με τη μέθοδο Kjeldahl και αποτελεί τη βάση για τον υπολογισμό των πρωτεϊνών του τυριού (VDLUFA, 1985).

Τα στάδια της μεθόδου είναι:

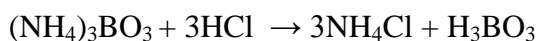
→ Θέρμανση του δείγματος του τυριού με πυκνό θειϊκό οξύ παρουσία καταλύτη. Κατά τη θέρμανση γίνεται καύση των οργανικών ουσιών του τυριού και το άζωτο του τυριού μετατρέπεται σε αμμωνιακό.



→ Απελευθέρωση της αμμωνίας με την επίδραση καυστικού νατρίου και διαχωρισμός της με απόσταξη και παραλαβή της σε βορικό οξύ.



→ Ογκομέτρηση της αμμωνίας με υδροχλωρικό οξύ





Από το αποτέλεσμα της τιτλοδότησης υπολογίζεται η περιεκτικότητα του δείγματος σε άζωτο. Η περιεκτικότητα σε άζωτο πολλαπλασιαζόμενη με το συντελεστή 6,38 μας δίνει την περιεκτικότητα του δείγματος σε πρωτεΐνες.

#### Υλικά και Όργανα

- Θεϊκό κάλιο ( $K_2SO_4$ )
- Θεϊικός χαλκός ( $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ )
- Πυκνό θεϊκό οξύ, ( $\rho = 1,84$  στους  $20^\circ C$ )
  - Καυστικό νάτριο, NaOH (30%) διαλύονται σε 1000ml νερό 300g καυστικού νατρίου
  - Βορικό οξύ,  $H_3BO_3$  (4%) διαλύονται σε 1000ml νερό 40g βορικού οξέος
- Υδροχλωρικό οξύ, HCl 0,1N
  - Δείκτης 2g ερυθρού του μεθυλίου και 1g κυανού του μεθυλενίου διαλύονται σε 1000ml αιθυλικής αλκοόλης 96%
- Αναλυτικός ζυγός με ακρίβεια 0,1mg
- Σωλήνες Kjeldahl των 250ml
- Συσκευή καύσης
- Συσκευή απόσταξης

#### Τεχνική

Σε σωλήνες Kjeldahl τοποθετούνται δύο κάψουλες, που αποτελούν τους καταλύτες (θεϊκό κάλιο και θεϊκός χαλκός). Στη συνέχεια ζυγίζεται με ακρίβεια 1g τυριού, που τοποθετείται σε ειδικό χαρτί απαλλαγμένο από άζωτο. Έπειτα προστίθενται 25 ml θεϊκού οξέος και θερμαίνεται προσεκτικά στη συσκευή καύσης μέχρις ότου σταματήσει ο αφρισμός και το περιεχόμενο γίνει υγρό.

Η θέρμανση συνεχίζεται έντονα μέχρις ότου το περιεχόμενο γίνει διαυγές. Μετά τη διαύγανση, ο βρασμός συνεχίζεται για 90min. Το χρώμα που αποκτάται τελικά είναι πράσινο. Ο σωλήνας αφήνεται να ψυχθεί σε θερμοκρασία δωματίου και το χρώμα γίνεται γαλάζιο. Ακολουθεί τοποθέτηση στη συσκευή απόσταξης, όπου με

80 ml καυστικό νάτριο και 50ml διάλυμα βορικού οξέος, πραγματοποιείται βρασμός και κατόπιν τιτλοδότηση με 0,1N υδροχλωρικό οξύ.

Το ολικό άζωτο του δείγματος υπολογίζεται από τον τύπο:

$$\text{Ολικό Άζωτο (\%)} = \frac{(\alpha - \beta) \times N \times 1,4}{B}$$

όπου:

$\alpha$  είναι τα mlHCl που καταναλώθηκαν κατά τον προσδιορισμό του ολικού αζώτου στο δείγμα

$\beta$  είναι τα mlHCl που καταναλώθηκαν κατά τον προσδιορισμό του ολικού αζώτου στο μάρτυρα

N είναι η κανονικότητα του HCl

B είναι το βάρος του δείγματος σε g

#### 4.3.7. Προσδιορισμός Υδατοδιαλυτού Αζώτου

Ο προσδιορισμός υδατοδιαλυτού αζώτου γίνεται σύμφωνα με τη μέθοδο των Ardö & Polychroniadou (1999) με αναλογία τυριού / νερού 1:5.

##### Υλικά και Όργανα

- Stomacher 400 (Seward medical, London SE11PP, UK)
- Φυγόκεντρος
- Υαλοβάμβακας
- Γυάλινα χωνιά
- Υδατόλουτρο
- Αναλυτικός ζυγός με ακρίβεια 0,1mg
- Σωλήνες Kjeldahl των 250ml
- Συσκευή καύσης
- Συσκευή απόσταξης

### Τεχνική

20g λειοτριβημένου τυριού ομογενοποιούνται με 100ml νερό επί 5min σε Stomacher 400 και το αιώρημα διατηρείται στους 40°C επί μία ώρα. Μετά την επώαση τα αδιάλυτα συστατικά διαχωρίζονται με φυγοκέντριση σε 3000rpm επί 30min στους 4°C. Το υπερκείμενο υγρό διηθείται από υαλοβάμβακα και ο προσδιορισμός γίνεται σε 10ml διηθήματος αυτού (εις διπλούν) κατά Kjeldahl.

Το υδατοδιαλυτό άζωτο υπολογίζεται από τον παρακάτω τύπο:

$$\text{Υδατοδιαλυτό Άζωτο (\%)} = \frac{(\alpha - \beta) \times N \times 1,4}{200 / (200 + Y_B)}$$

όπου:

$\alpha$ : ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

$\beta$ : ml NaOH

N: κανονικότητα του οξέος και της βάσης

Y<sub>B</sub> είναι η υγρασία (g) των 20g τυριού.

### **4.4. Στατιστικός έλεγχος**

Στα στοιχεία του πειράματος εφαρμόστηκε η ανάλυση της διακύμανσης δύο επιλέξιμων παραγόντων (Two-Way ANOVA): είδος γάλακτος (4 επίπεδα: 100% βουβαλίσιο γάλα, 100% αγελαδινό γάλα, 70% βουβαλίσιο γάλα και 30% αγελαδινό, 30% βουβαλίσιο γάλα και 70 % αγελαδινό ), χρόνος ωρίμανσης (5 επίπεδα: 0, 10, 30, 60 και 90 ημέρες). Σε περίπτωση που τα αποτελέσματα της ANOVA εμφάνισαν στατιστική σημαντικότητα του μελετούμενου παράγοντα, εφαρμόστηκε ο έλεγχος των πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey ώστε να εντοπιστούν αυτές οι διαφορές (Πετρίδης, 2000). Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έγινε με τη χρήση του προγράμματος Minitab 16.

## 5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

### 5.1. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων λευκών τυριών

Η μέση χημική σύσταση και η τιμή pH των δειγμάτων του λευκού τυριού φαίνονται στους Πίνακες 5.1 και 5.2. Οι τιμές των μετρήσεων αποτελούν τους μέσους όρους των δειγμάτων των δύο παρτίδων.

Πίνακας 5.1. Ο συντελεστής άλατος (%) και η περιεκτικότητα (%) των δειγμάτων λευκού τυριού σε ξηρή ουσία, λίπος, λίπος επί ξηρής ουσίας και αλάτι.

<i>Είδος Γάλακτος</i>	<i>Χρόνος Ωρίμανσης (Ημέρες)</i>	<i>Ξηρή Ουσία (%)</i>	<i>Λίπος (%)</i>	<i>Λίπος επί Ξηρής Ουσίας (%)</i>	<i>Αλάτι (%)</i>	<i>Συντελεστής Άλατος (%)</i>
Αγελαδινό 100%	0	41,3	16,3	39,4	6,6	10,1
	10	42,9	16,5	38,5	6,6	10,4
	30	41,9	16,0	38,2	6,6	10,2
	60	42,3	15,8	37,2	6,6	10,3
	90	43,2	16,0	37,1	6,6	10,5
Βουβαλίσιο 100%	0	51,7	27,3	52,7	5,2	9,8
	10	49,4	27,0	54,7	5,2	9,3
	30	48,1	26,8	55,6	5,1	9,0
	60	50,1	27,0	53,9	5,3	9,7
	90	48,0	26,9	56,0	5,2	9,1
Αγελ-Βουβ 70-30%	0	42,1	19,3	45,8	6,2	9,6
	10	42,3	19,3	45,5	6,6	10,3
	30	42,2	19,5	46,2	6,6	10,3
	60	42,1	19,3	45,7	6,6	10,3
	90	42,8	19,3	45,0	6,6	10,3
Αγελ-Βουβ 30-70%	0	46,6	24,8	53,2	5,1	8,7
	10	47,2	25,0	53,0	5,1	8,8
	30	46,4	24,8	53,3	5,3	9,1
	60	48,2	24,5	50,9	5,2	8,2
	90	46,3	24,6	53,2	5,1	8,7

Πίνακας 5.2. Η περιεκτικότητα (%) σε ολικό άζωτο, σε ολικό άζωτο επί ξηρής ουσίας, σε υδατοδιαλυτό άζωτο, σε υδατοδιαλυτό επί ολικού αζώτου και η τιμή pH των δειγμάτων λευκού τυριού.

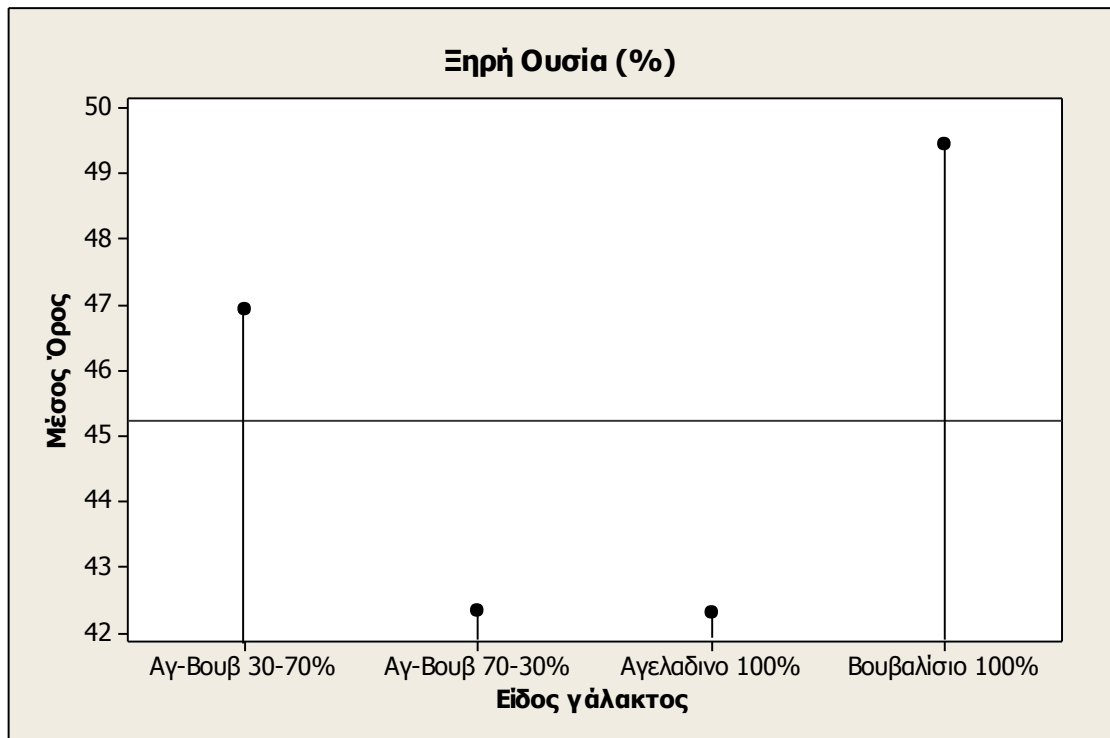
<i>Είδος Γάλακτος</i>	<i>Χρόνος Ωρίμανσης (Ημέρες)</i>	<i>Ολικό Άζωτο (%)</i>	<i>Ολικό Άζωτο επί Ξηρής Ουσίας(%)</i>	<i>Υδατοδιαλυτό Άζωτο (%)</i>	<i>Υδατοδιαλυτό επί Ολικού Άζώτου (%)</i>	<i>pH</i>
Αγελαδινό 100%	0	2,215	5,37	0,280	12,62	4,83
	10	2,375	5,22	0,320	14,30	5,00
	30	2,231	5,33	0,335	15,00	4,95
	60	2,243	5,31	0,355	15,83	4,86
	90	2,237	5,18	0,373	16,67	4,92
Βουβαλίσιο 100%	0	2,339	4,52	0,290	12,37	4,83
	10	2,338	4,74	0,342	14,61	5,01
	30	2,332	4,85	0,370	15,86	4,89
	60	2,345	4,68	0,390	16,63	4,93
	90	2,345	4,89	0,409	17,44	4,83
Αγελ-Βουβ 70-30%	0	2,234	5,31	0,276	12,33	4,82
	10	2,229	5,27	0,326	14,63	4,97
	30	2,216	3,80	0,345	15,55	4,91
	60	2,230	5,29	0,370	16,56	4,88
	90	2,230	5,21	0,383	17,15	4,82
Αγελ-Βουβ 30-70%	0	2,345	5,04	0,288	12,26	4,84
	10	2,356	4,99	0,340	14,40	5,01
	30	2,356	5,07	0,357	15,15	4,90
	60	2,386	4,95	0,388	16,24	4,80
	90	2,383	5,15	0,400	16,79	4,79

Η ξηρή ουσία, επηρεάζεται στατιστικά σημαντικά μόνο από το είδος του γάλακτος ( $p < 0,05$ ). Στο Σχήμα 5.1 παρουσιάζεται η επίδραση του είδους του γάλακτος στην ξηρή ουσία. Η κατάταξη των δειγμάτων κατά αύξουσα σειρά σύμφωνα με τον έλεγχο των πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey είναι η εξής:

Είδος γάλακτος:

Αγελ100%=Αγελ-Βουβ 70-30%< Αγελ-Βουβ 30-70%< Βουβ 100%

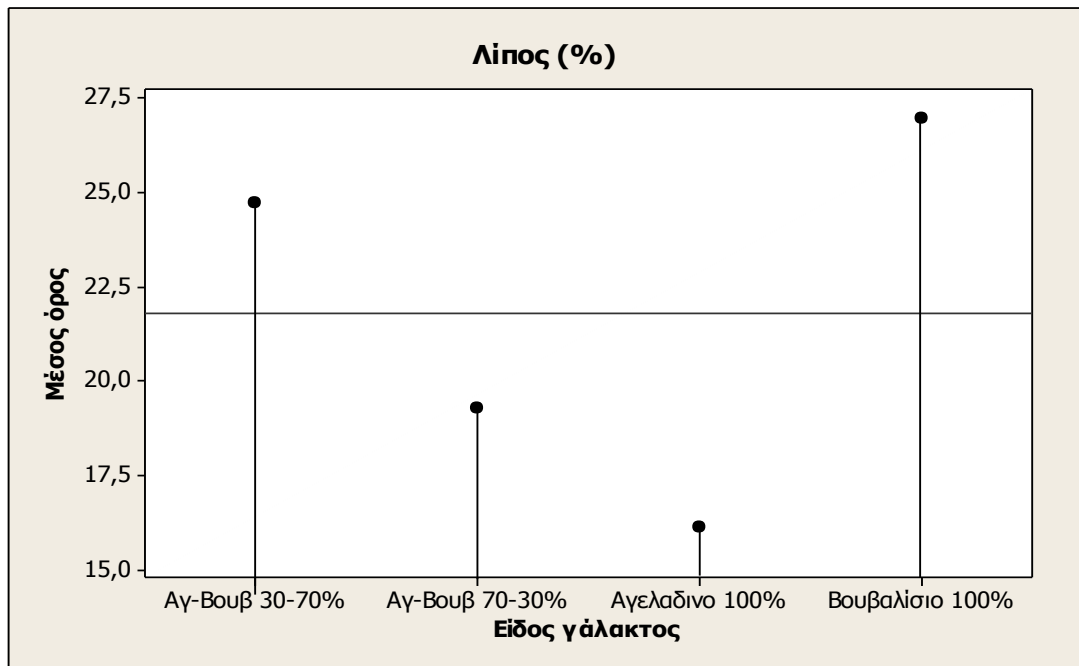
Η αύξηση της ξηρής ουσίας των δειγμάτων τυριού με την αύξηση του ποσοστού του βουβαλίσιου γάλακτος που χρησιμοποιείται για την παρασκευή τους, οφείλεται στην αυξημένη περιεκτικότητα του σε λίπος και πρωτεΐνες (Ahmad et al, 2008).



Σχήμα 5.1. Επίδραση του είδους του γάλακτος στην περιεκτικότητα των δειγμάτων του τυριού σε ξηρή ουσία (%).

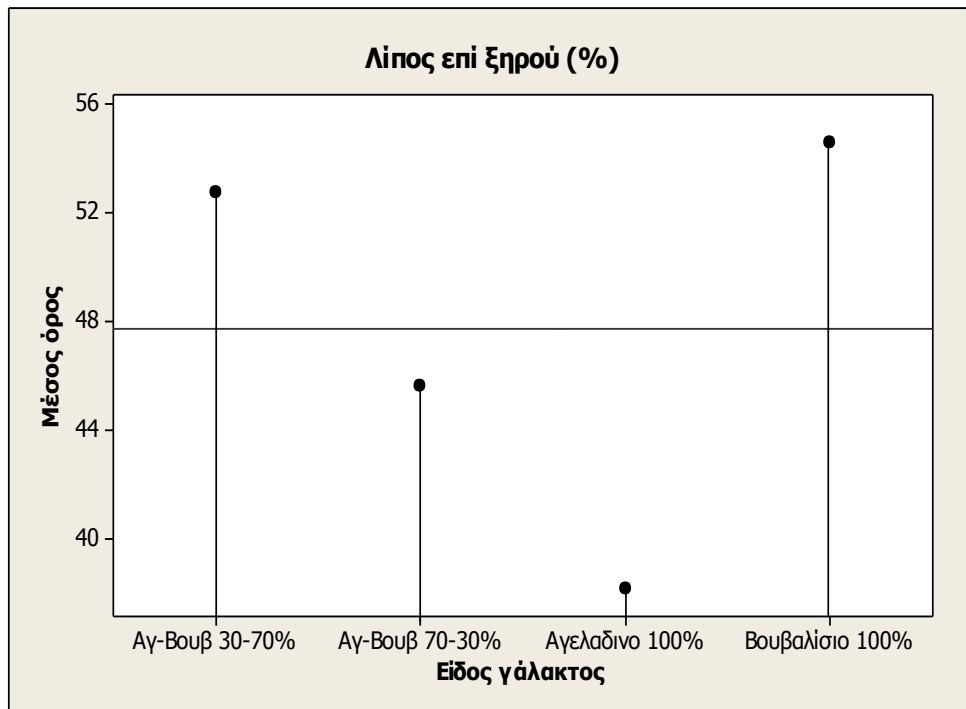
Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ANOVA, το λίπος (%) και το λίπος επί ξηρού (%) επηρεάζονται στατιστικά σημαντικά μόνο από το είδος του γάλακτος που χρησιμοποιείται για την παρασκευή των δειγμάτων τυριού ( $p < 0,05$ ) (Σχήμα 5.2 και 5.3, αντίστοιχα).

Όσον αφορά το λίπος, τα δείγματα σε κατάταξη αύξουσας σειράς, παρουσιάζονται σύμφωνα με τον έλεγχο του Tukey ως εξής: Αγελαδινό 100% < Αγελ-Βουβ 70-30% < Αγελ-Βουβ 30-70% < Βουβαλίσιο 100%. Το ποσοστό λίπους στο βουβαλίσιο γάλα βρέθηκε από τους Ahmad et al. (2008), ότι είναι υψηλότερο από του αγελαδινού γάλακτος, ενώ σε συμφωνία βρίσκονται και τα αποτελέσματα ερευνών από διάφορους συγγραφείς (Roy et al, 1972; Ganguli, 1992; Spanghero & Susmel, 1996; Patino, 2004).



Σχήμα 5.2. Επίδραση του είδους του γάλακτος στην περιεκτικότητα των δειγμάτων λευκού τυριού σε λίπος (%).

Επίσης και οι τιμές του λίπους επί ξηρού (%) είναι υψηλές στο δείγμα που παρασκευάστηκε από 100% βουβαλίσιο γάλα, ενώ ακολουθούν διαδοχικά τα δείγματα με αναλογία αγελαδινού-βουβαλίσιου 30-70%, αγελαδινού-βουβαλίσιου 70-30% και τέλος από αγελαδινό 100%.



Σχήμα 5.3. Επίδραση του είδους του γάλακτος στην περιεκτικότητα των δειγμάτων λευκού τυριού σε λίπος επί ξηρής ουσίας (%).

Σύμφωνα με την ANOVA η περιεκτικότητα (%) σε αλάτι και ο συντελεστής άλατος παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μόνο όσον αφορά το είδος του γάλακτος που χρησιμοποιείται για την παρασκευή των δειγμάτων τυριού ( $p < 0,05$ ). Στο Σχήμα 5.4 φαίνεται πως επηρεάζεται από το είδος του γάλακτος η περιεκτικότητα των δειγμάτων σε αλάτι και στο Σχήμα 5.5 ο συντελεστής άλατος.

Η κατάταξη των δειγμάτων κατά αύξουσα σειρά σύμφωνα με τον έλεγχο των πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey, για το αλάτι είναι η εξής:

Είδος Γάλακτος:

Αγελ-Βουβ 30-70%=Βουβ.100%<Αγελ-Βουβ 70-30 %=Αγελ 100%

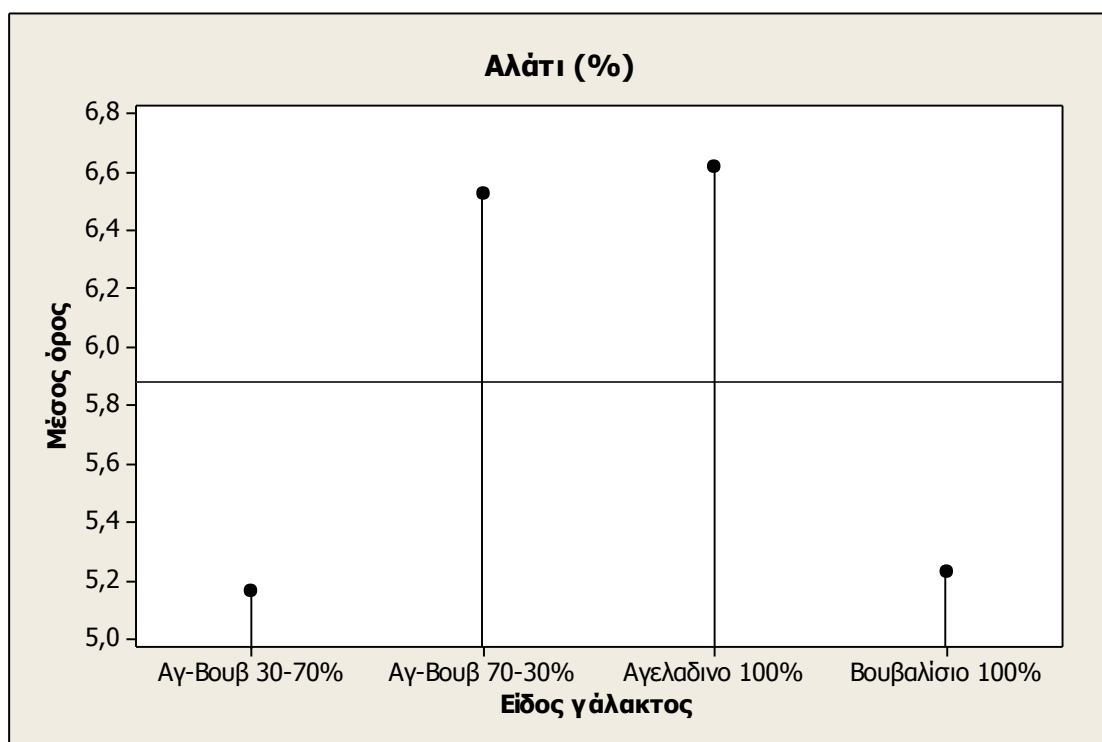
Επίσης για τον συντελεστή άλατος η κατάταξη των δειγμάτων είναι η εξής:

Είδος γάλακτος:

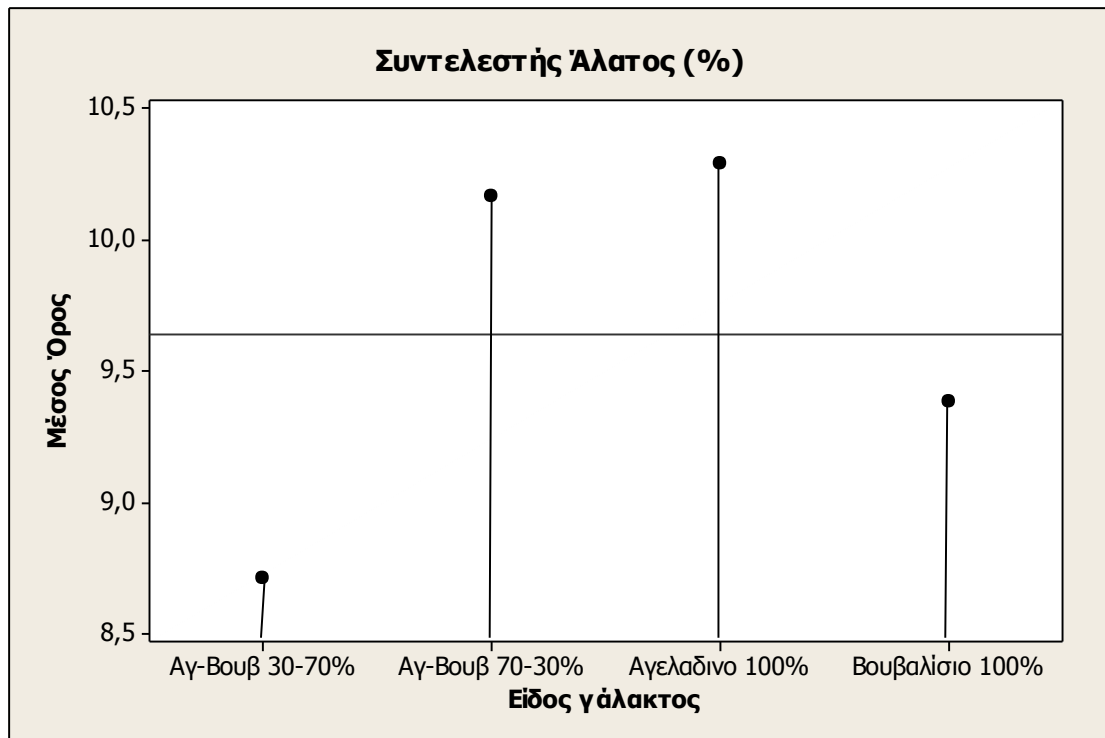
Αγελ-Βουβ 30-70%<Βουβ 100%<Αγελ-Βουβ 70-30 %=Αγελ100%



Τα δείγματα τυριού που παρασκευάστηκαν με τα μεγαλύτερα ποσοστά αγελαδινού γάλακτος εμφάνισαν τις υψηλότερες τιμές συγκέντρωσης αλατιού (%) καθώς και του συντελεστή άλατος. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στην αυξημένη περιεκτικότητα των δειγμάτων σε υγρασία, η οποία λόγω φαινομένων ώσμωσης οδήγησε σε αυξημένα ποσοστά πρόσληψης αλατιού κατά τη φάση του αλατίσματος.



Σχήμα 5.4. Επίδραση του είδους του γάλακτος στην περιεκτικότητα των δειγμάτων του τυριού σε αλάτι (%).

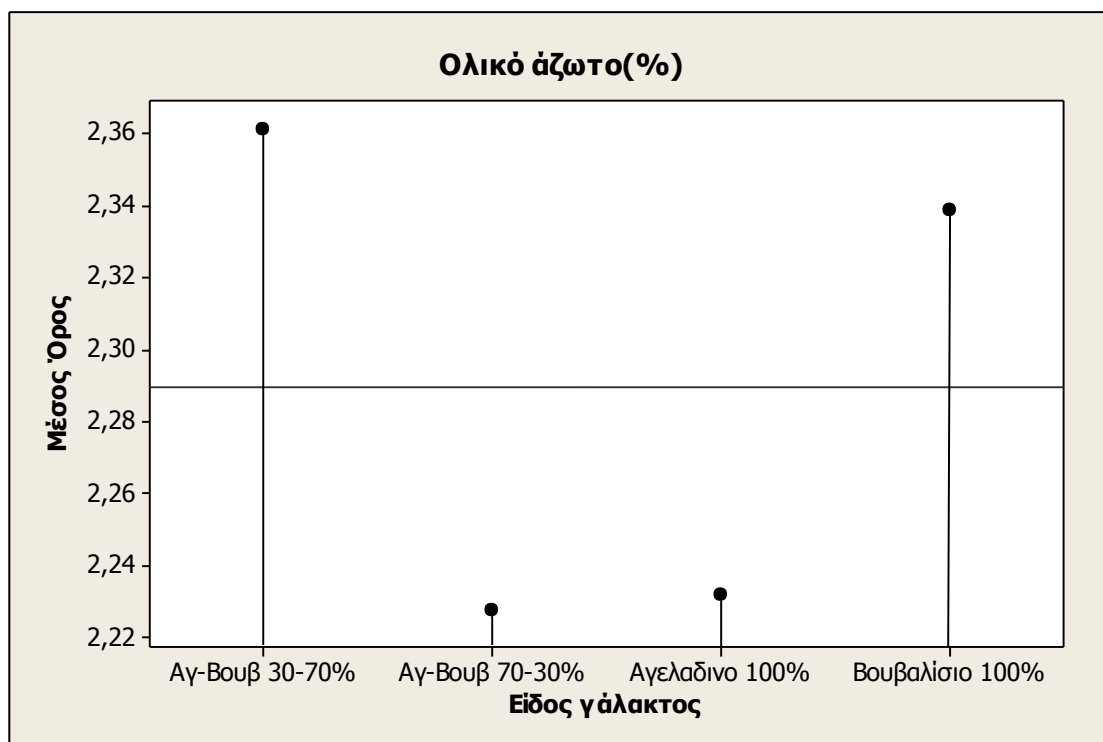


Σχήμα 5.5. Επίδραση του είδους του γάλακτος στον συντελεστή άλατος (%) των δειγμάτων τυριού.

Το ολικό άζωτο επηρεάζεται στατιστικά σημαντικά μόνο από το είδος του γάλακτος ( $p < 0,05$ ). Στο Σχήμα 5.6 παρουσιάζεται η επίδραση του είδους του γάλακτος στο ολικό άζωτο. Παρατηρούμε ότι το ολικό άζωτο (%) των δειγμάτων τυριού που παρασκευάστηκαν με τα μεγαλύτερα ποσοστά βουβαλίσιου γάλακτος εμφάνισαν τις υψηλότερες τιμές. Αυτό οφείλεται στην υψηλή περιεκτικότητα των δειγμάτων σε πρωτεΐνες. Η κατάταξη των δειγμάτων κατά αύξουσα σειρά σύμφωνα με τον έλεγχο πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey είναι η εξής:

Είδος γάλακτος:

Αγελ-Βουβ70-30%=Αγελ100%<Βουβ100%< Αγελ –Βουβ 30-70%



Σχήμα 5.6. Επίδραση του γάλακτος στην περιεκτικότητα των δειγμάτων του τυριού σε ολικό άζωτο (%).

Το ολικό άζωτο επι ξηρής ουσίας δεν επηρεάστηκε στατιστικά σημαντικά ούτε από το είδος του γάλακτος ούτε από το χρόνο ωρίμανσης ( $p > 0,05$ ).

Το υδατοδιαλυτό άζωτο και ο λόγος του υδατοδιαλυτού προς το ολικό άζωτο, επηρεάζονται από το είδος του γάλακτος, καθώς και από το χρόνο ωρίμανσης ( $p < 0,05$ ) των δειγμάτων (Σχήμα 5.7. και 5.8, αντίστοιχα). Εξαιτίας της διαφορετικής περιεκτικότητας των δειγμάτων σε πρωτεΐνες, το υδατοδιαλυτό άζωτο (%) επηρεάστηκε από το είδος του γάλακτος. Όσον αφορά την αύξηση που παρουσίασε με την πάροδο του χρόνου ωρίμανσης, αυτή αποτελεί ένδειξη υδρόλυσης των πρωτεϊνών. Η πρωτεόλυση του τυριού κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης του, παίζει σημαντικό ρόλο στον καθορισμό της υφής και της γεύσης του και έχει αποτελέσει το αντικείμενο πολλών ερευνών (Fox & McSweeney, 1996). Κατά την διάρκεια της πρωτεόλυσης των τυριών, οι πρωτεΐνες διασπώνται σε πρωτογενή προϊόντα (πολυπεπίδια) και στη συνέχεια σε δευτερογενή πεπτίδια μικρού και μεσαίου μοριακού βάρους και τελικά σε ελεύθερα αμινοξέα (Desmazeaud & Gripon, 1977). Ως δείκτης πρωτεόλυσης των τυριών χρησιμοποιείται ο προσδιορισμός του λόγου

υδατοδιαλυτού αζώτου προς το ολικό άζωτο (Rank et al, 1985). Η κατάταξη των δειγμάτων με αύξουσα σειρά σύμφωνα με τον έλεγχο του Tukey είναι η εξής:

Υδατοδιαλυτό άζωτο (%):

Είδος γάλακτος: Αγελαδινό 100% = Αγελ-Βουβ 70-30% < Αγελ-Βουβ 30-70% = Βουβαλίσιο 100%.

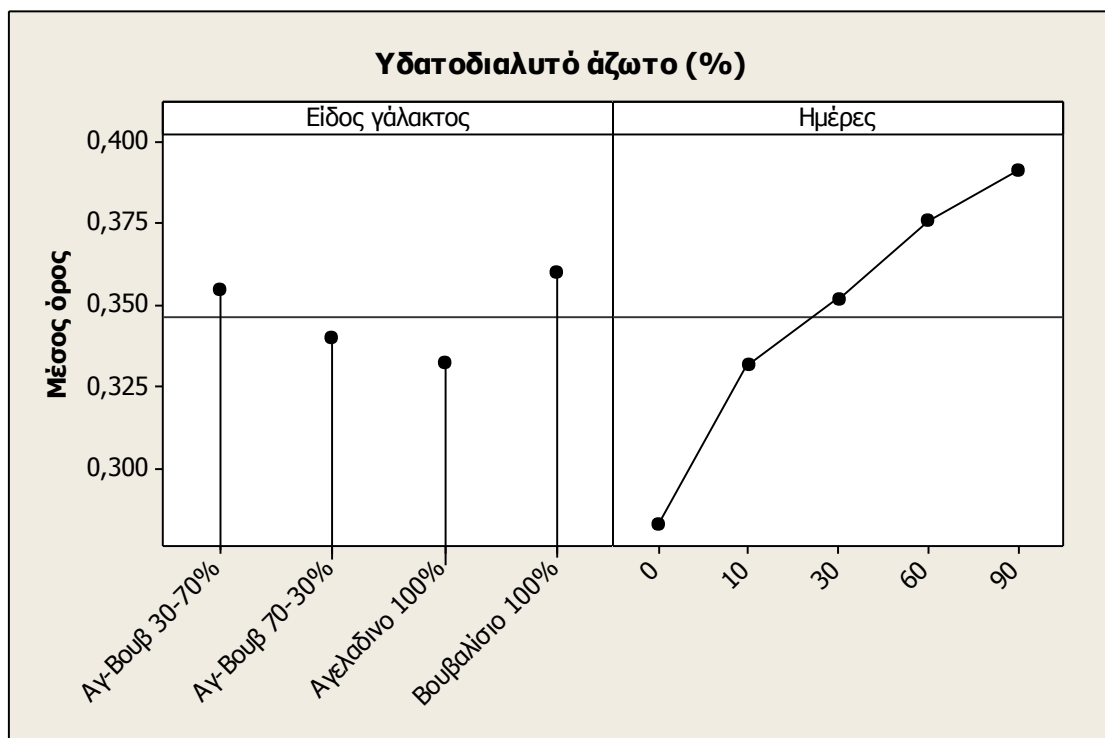
Ημέρες ωρίμανσης: 0 < 10 < 30 < 60 < 90

(Υδατοδιαλυτό / ολικό άζωτο) \* 100 :

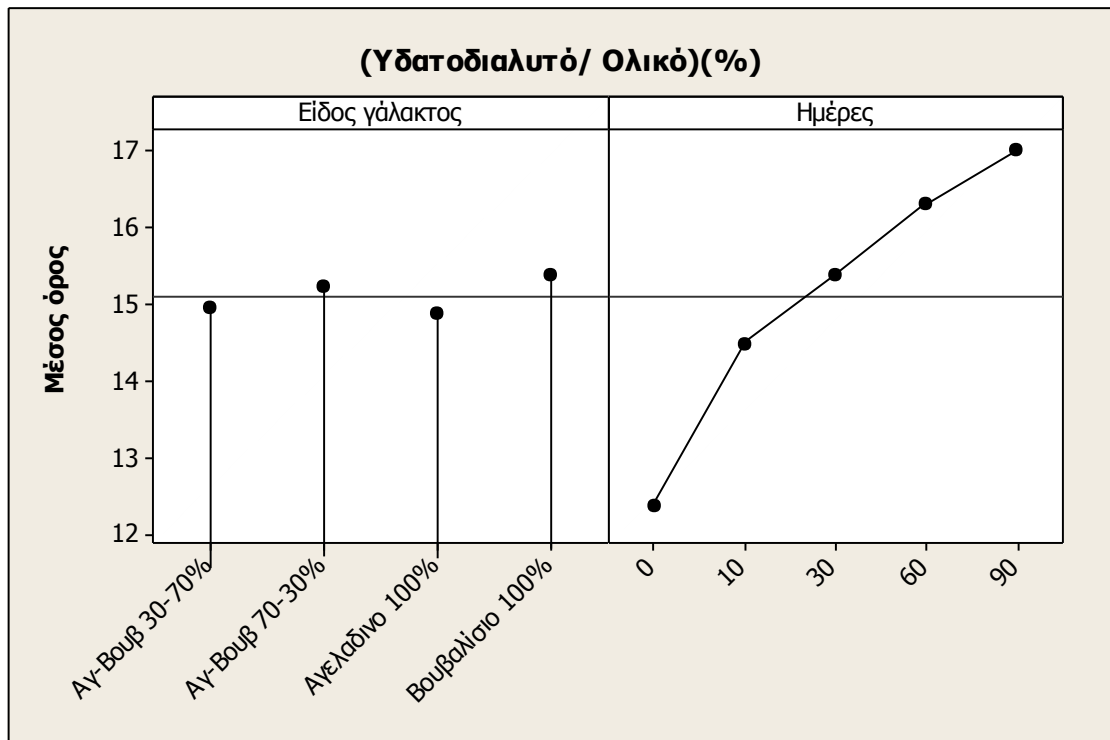
Είδος γάλακτος:

Αγελαδινό 100%    Αγελ-Βουβ 70-30%    Αγελ-Βουβ 30-70%    Βουβαλίσιο 100%.

Ημέρες ωρίμανσης: 0 < 10 < 30 < 60 < 90

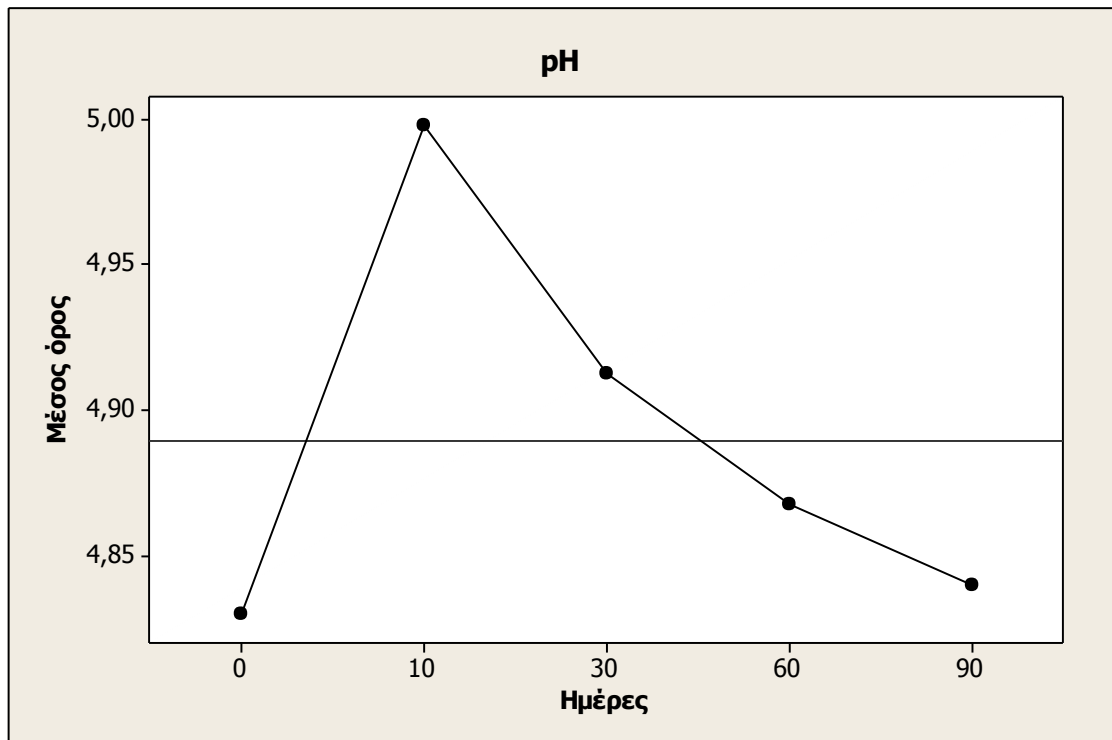


Σχήμα 5.7. Επίδραση του είδους του γάλακτος και του χρόνου ωρίμανσης στην περιεκτικότητα των δειγμάτων λευκού τυριού σε υδατοδιαλυτό άζωτο (%).



Σχήμα 5.8. Επίδραση του είδους του γάλακτος και του χρόνου ωρίμανσης στο λόγο υδατοδιαλυτού προς ολικού αζώτου (%) των δειγμάτων λευκού τυριού.

Η εφαρμογή της ANOVA έδειξε ότι το pH επηρεάζεται στατιστικά σημαντικά από το χρόνο ωρίμανσης ( $p < 0,05$ ), ενώ δεν επηρεάζεται από το είδος του γάλακτος (Σχήμα 5.9.). Η μέγιστη τιμή του pH αποκτάται σε διάστημα 10 ημερών ωρίμανσης. Η παραγωγή διαφόρων αλκαλικών ουσιών (αμμωνία, αλδεΐδες, κετόνες), η οποία λαμβάνει χώρα κατά την ωρίμανση των τυριών εξαιτίας της διάσπασης των συστατικών του γάλακτος (Κεχαγιάς, 2011), πιθανόν να οδήγησε σε αύξηση των τιμών του κατά τα πρώτα στάδια ωρίμανσης. Η μείωση του pH μετά τις 10 μέρες ωρίμανσης, μπορεί να αποδοθεί σε δράση μικροοργανισμών της οξυγαλακτικής καλλιέργειας, οι οποίοι παράγουν γαλακτικό οξύ ζυμώνοντας την λακτόζη (Ζερφυρίδης, 2001). Η κατάταξη των δειγμάτων με αύξουσα σειρά σύμφωνα με τον έλεγχο του Tukey είναι η εξής:  $0 = 90 = 60 = 30 < 10$



Σχήμα 5.9. Επίδραση του χρόνου ωρίμανσης στην τιμή pH των δειγμάτων λευκού τυριού.

## **5.2. Ιδιότητες της υφής των δειγμάτων λευκών τυριών**

### **5.2.1. Δοκιμή ανάλυσης της υφής**

Στον Πίνακα 5.3 φαίνονται τα αποτελέσματα από τη δοκιμή TPA.

Πίνακας 5.3 Ρεολογικά χαρακτηριστικά των δειγμάτων τυριού με την χρήση TPA

Είδος γάλακτος	Ημέρες	Σκληρότητα (H <sub>1</sub> ) (N)	Σκληρότητα (H <sub>2</sub> ) (N)	Ευθραυστότητα(N)	Ενέργεια1 (Joule)	Ενέργεια2 (Joule)	Ελαστικότητα (m)	A <sub>2</sub> /A <sub>1</sub>
<b>Βουβαλίσιο 100%</b>	<b>0</b>	91,85	64,5	24	0,300	0,068	0,0065	0,226
	<b>10</b>	80,65	59,5	19,3	0,312	0,058	0,005	0,186
	<b>30</b>	68,25	49,95	14,2	0,452	0,037	0,004	0,146
	<b>60</b>	60,35	43,15	13,9	0,207	0,033	0,004	0,159
	<b>90</b>	56	38	12,45	0,398	0,029	0,004	0,145
<b>Αγελαδινό 100%</b>	<b>0</b>	133,95	99,65	32,9	0,504	0,102	0,0075	0,202
	<b>10</b>	138,85	99,75	28,3	0,460	0,096	0,005	0,21
	<b>30</b>	82,8	60,05	16,85	0,256	0,05	0,0045	0,195
	<b>60</b>	78,15	51,9	15,3	0,241	0,042	0,004	0,177
	<b>90</b>	71,5	48	15,3	0,227	0,038	0,004	0,167
<b>Βουβ-Αγελ 70-30%</b>	<b>0</b>	97,5	86	24	0,367	0,073	0,0065	0,200
	<b>10</b>	90,1	63,95	18,55	0,314	0,061	0,004	0,195
	<b>30</b>	70,95	47,85	12,4	0,208	0,04	0,0045	0,192
	<b>60</b>	65,8	46,18	13,75	0,219	0,035	0,004	0,160
	<b>90</b>	59,7	41,5	13,75	0,211	0,030	0,004	0,144
<b>Βουβ-Αγελ 30-70%</b>	<b>0</b>	106	81,85	25,3	0,3705	0,077	0,0075	0,209
	<b>10</b>	101,05	70,45	17,05	0,302	0,059	0,0045	0,197
	<b>30</b>	75,8	50,35	11,6	0,212	0,045	0,005	0,212
	<b>60</b>	70,6	50	14,65	0,239	0,037	0,004	0,155
	<b>90</b>	66,3	43	14,65	0,217	0,036	0,004	0,165

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ANOVA, η  $H_1$ , η  $H_2$ , η ευθραυστότητα, η  $A_1$ , η  $A_2$  και η ελαστικότητα παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως προς το είδος του γάλακτος αλλά και ως προς το χρόνο ωρίμανσης ( $p < 0,05$ ).

Η επίδραση των δύο μελουτούμενων παραγόντων στην  $H_1$  και  $H_2$  φαίνεται στα Σχήματα 5.10 και 5.11 αντίστοιχα. Η αύξηση του ποσοστού προσθήκης βουβαλίσσιου γάλακτος και η αύξηση του χρόνου ωρίμανσης είχαν ως αποτέλεσμα την μείωση των δύο μεταβλητών. Η κατάταξη των δειγμάτων κατά αύξουσα σειρά σύμφωνα με τον έλεγχο των πολλαπλών συγκρίσεων του Tukey είναι η εξής:

Σκληρότητα  $H_1$ :

Είδος γάλακτος:

Βουβ100% Βουβ-Αγελ70-30% Βουβ-Αγελ 30-70% Αγελ 100%

---

Ημέρες:

90=60=30<10=0

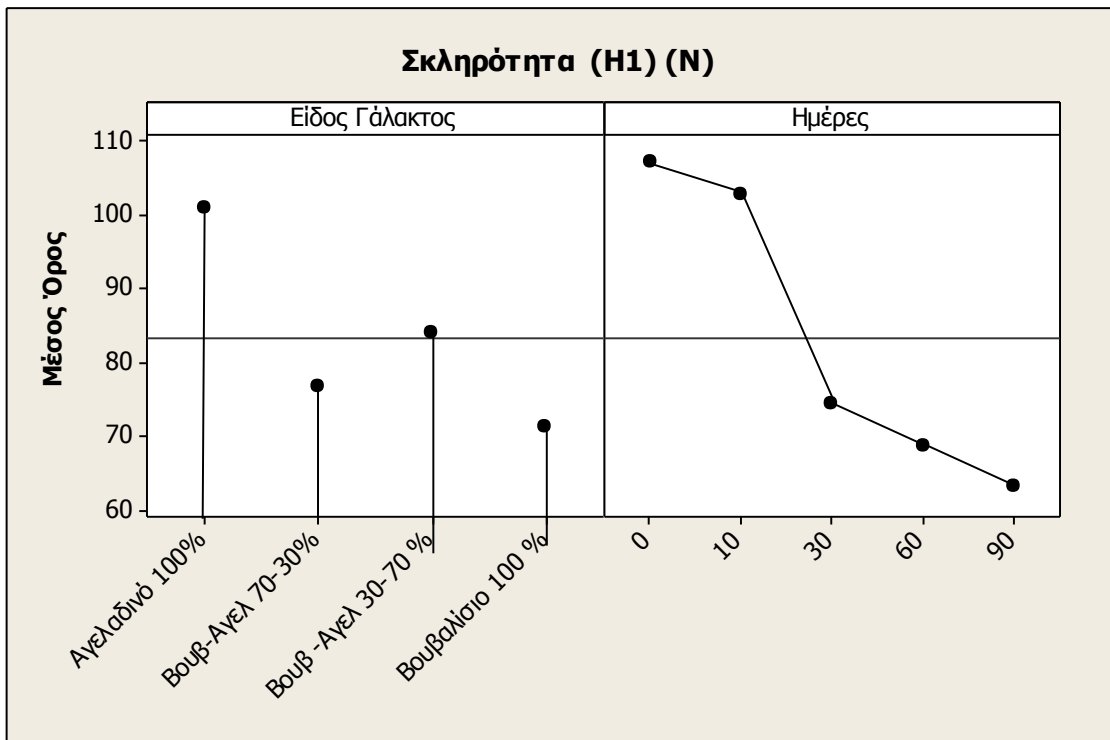
Σκληρότητα  $H_2$ :

Είδος γάλακτος:

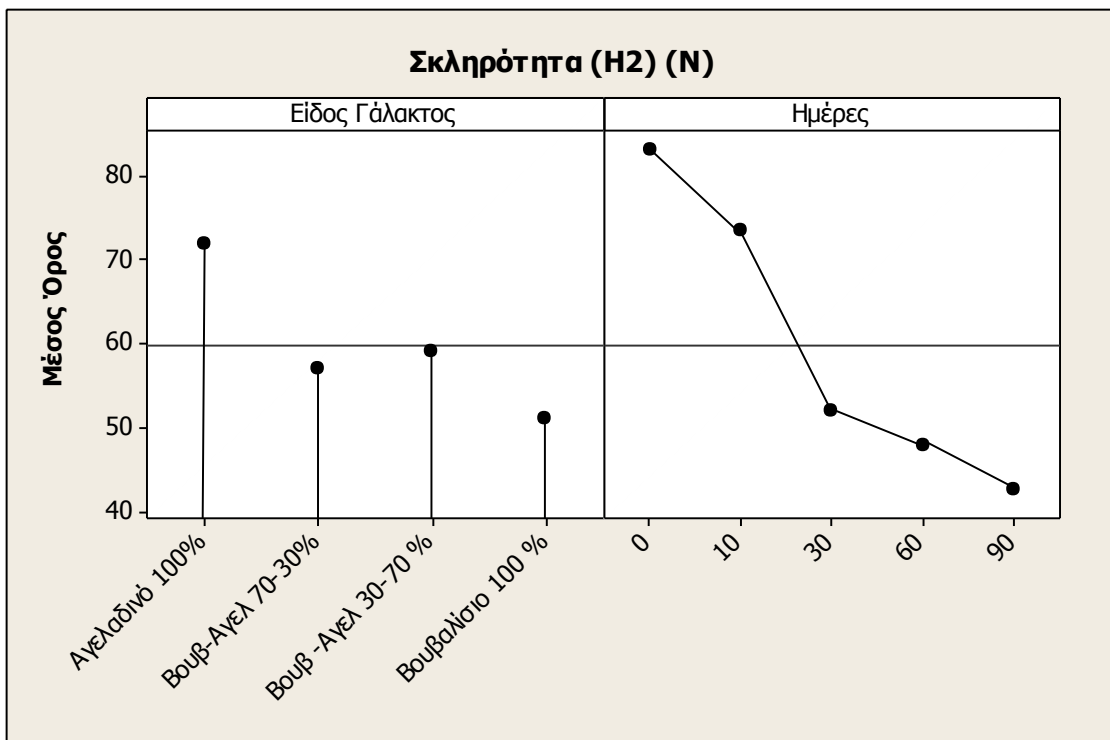
Βουβ100%=Βουβ-Αγελ70-30%=Βουβ-Αγελ 30-70%< Αγελ 100%

Ημέρες: 90=60=30<10=0





Σχήμα 5.10. Επίδραση του είδους του γάλακτος και του χρόνου ωρίμανσης στην Σκληρότητα ( $H_1$ ) των δειγμάτων τυριού



Σχήμα 5.11. Επίδραση του είδους του γάλακτος και του χρόνου ωρίμανσης στην Σκληρότητα ( $H_2$ ) των δειγμάτων τυριού

Στα σχήματα 5.12 και 5.13 παρουσιάζεται η επίδραση των δύο μελετούμενων παραγόντων στην ευθραυστότητα και στην  $A_1$ , αντίστοιχα ( $p < 0,05$ ). Και σε αυτήν την περίπτωση η αύξηση του ποσοστού προσθήκης βουβαλίσσιου γάλακτος και η αύξηση του χρόνου ωρίμανσης είχαν ως αποτέλεσμα την μείωση των δύο μεταβλητών. Σύμφωνα και με τις πολλαπλές συγκρίσεις του Tukey ισχύει :

### Ευθραυστότητα

Είδος γάλακτος:

Βουβ-Αγελ 70-30=Βουβ-Αγελ30-70=Βουβ100% < Αγελ100%

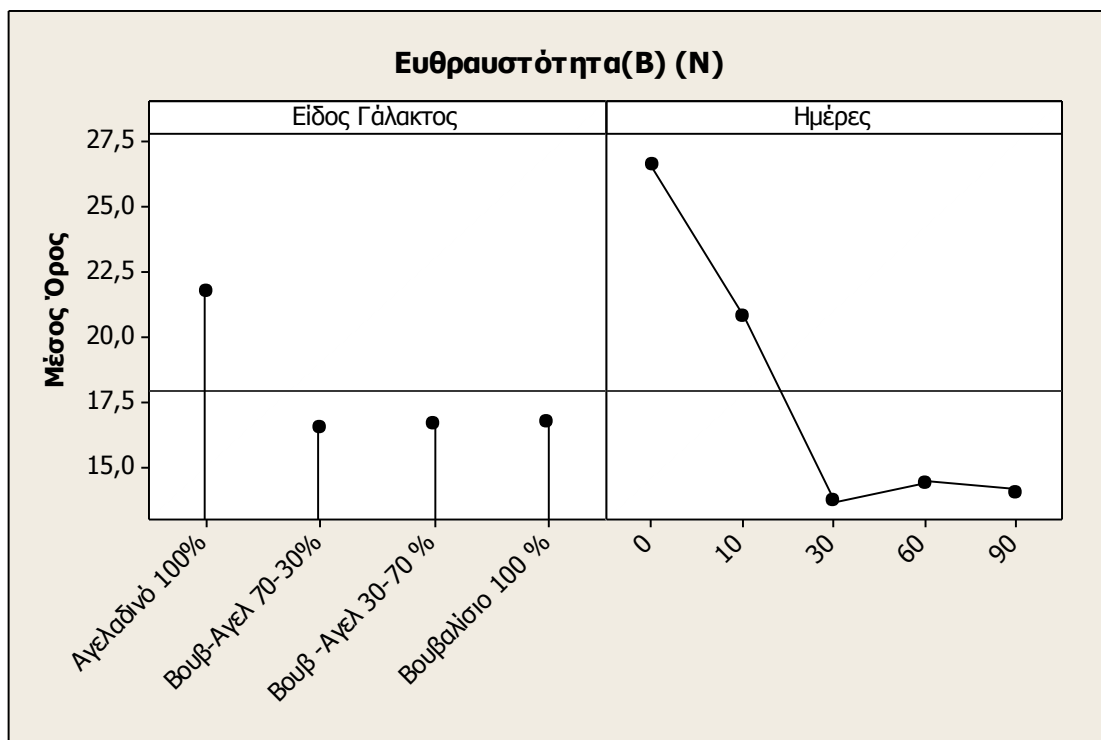
Ημέρες: 90=60=30 < 10 < 0

### $A_1$

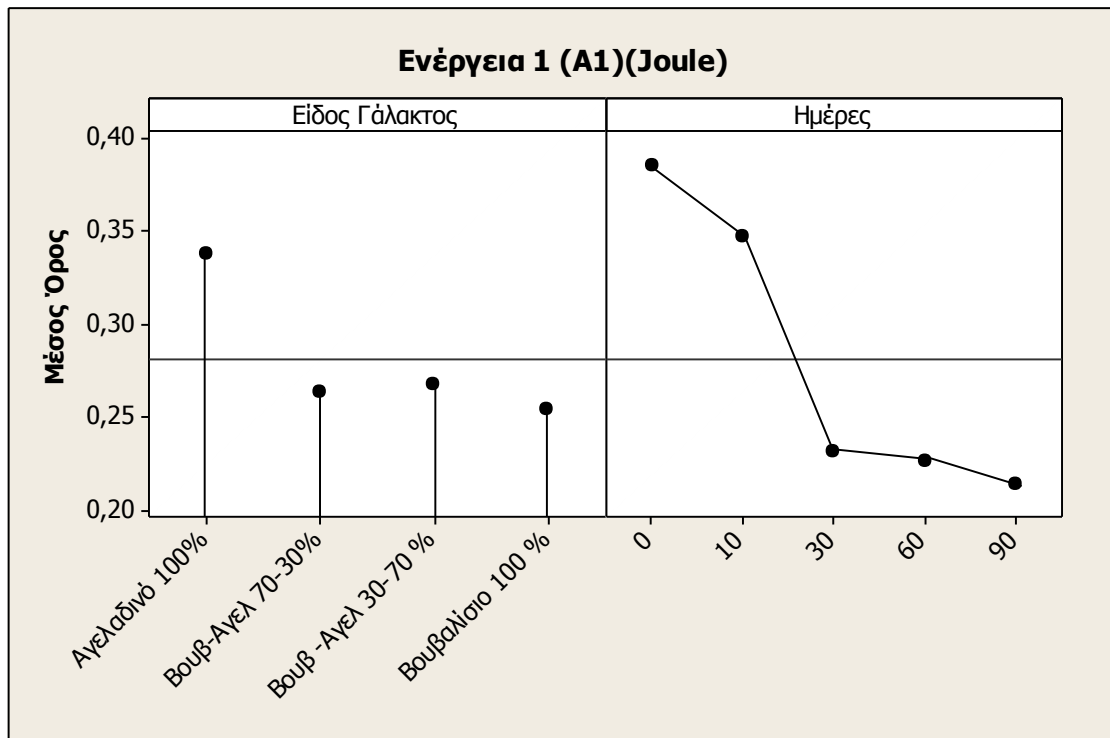
Είδος γάλακτος:

Βουβ100%=Βουβ-Αγελ70-30%=Βουβ-Αγελ30-70% < Αγελ100%

Ημέρες: 90=60=30 < 10=0



Σχήμα 5.12. Επίδραση του είδους του γάλακτος και του χρόνου ωρίμανσης στην Ευθραυστότητα (B) των δειγμάτων του τυριού.



Σχήμα 5.13. Επίδραση του είδους του γάλακτος και του χρόνου ωρίμανσης στην ενέργεια κατά την πρώτη δαγκωματιά ( $A_1$ ) των δειγμάτων του τυριού.

Η μεταβολή των  $A_2$  και η  $S$  των δειγμάτων τυριού φαίνεται στα Σχήματα 5.14 και 5.15, αντίστοιχα ( $p < 0,05$ ). Σύμφωνα με τις πολλαπλές συγκρίσεις του Tukey, η κατάταξη κατά αύξουσα σειρά των δειγμάτων είναι η εξής:

$A_2$

Είδος γάλακτος:

Βουβ100%=Βουβ-Αγελ70-30%=Βουβ-Αγελ30-70%<Αγελ 100%

Ημέρες:

90=60=30<10<0

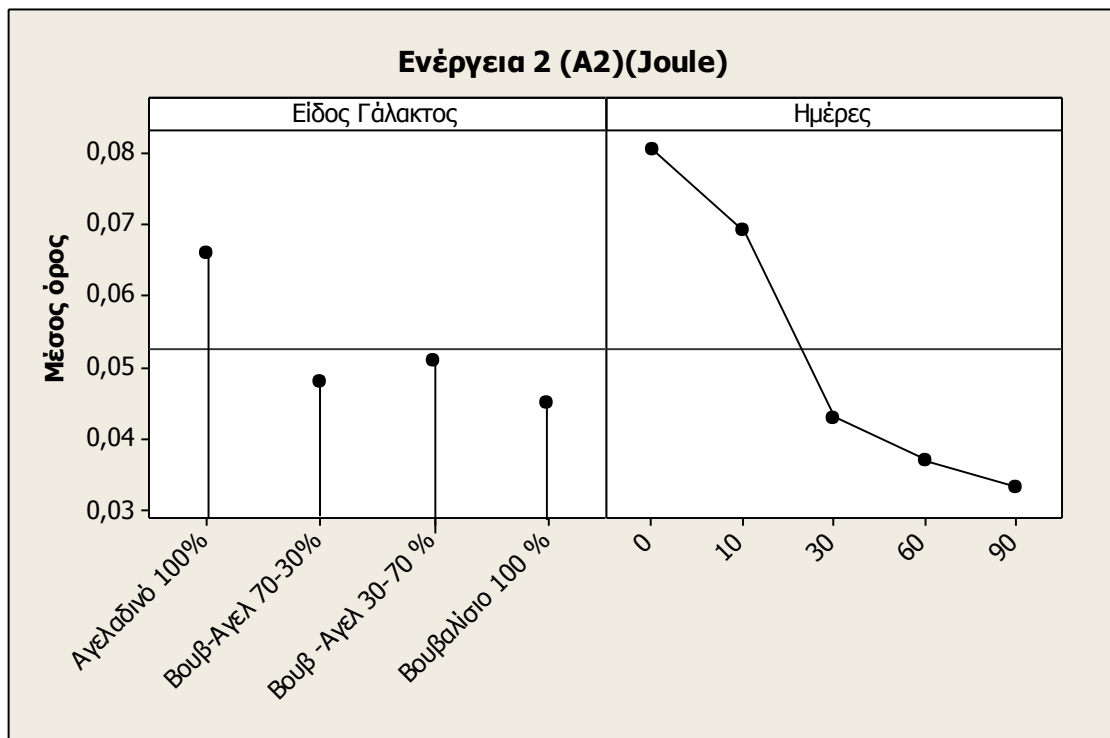
S

Είδος γάλακτος:

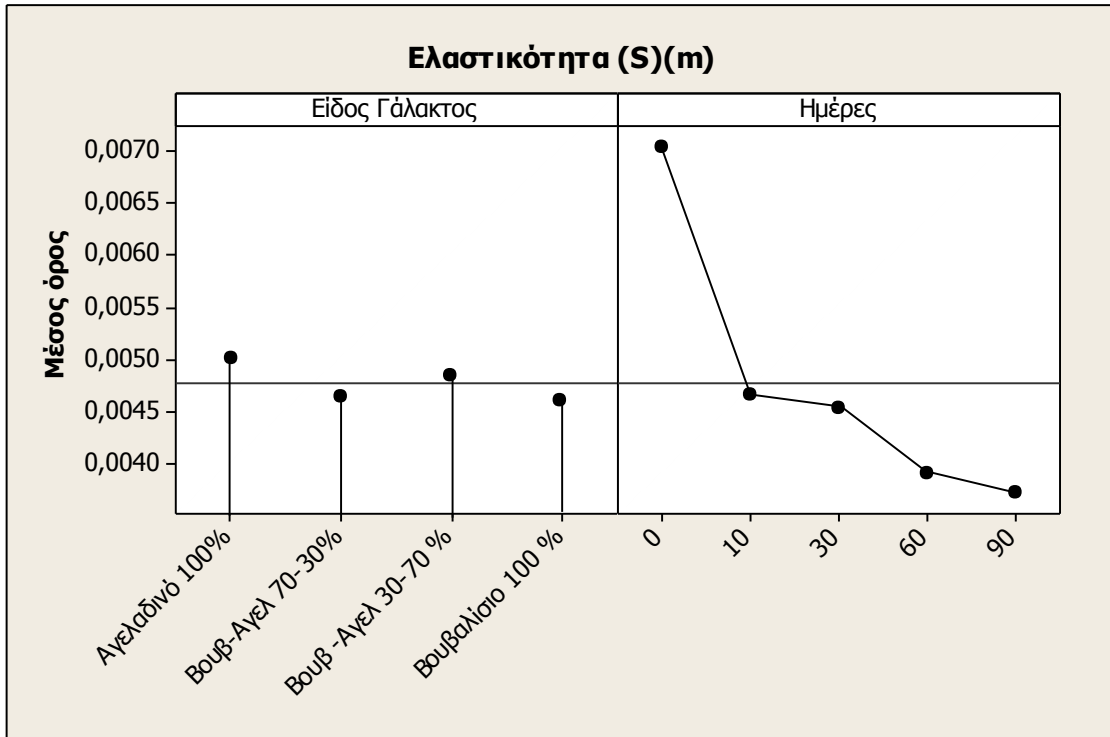
Αγελ100% Βουβ-Αγελ 30-70% Βουβ-Αγελ 70-30% Βουβ 100%

Ημέρες:

90=60<30=10<0



Σχήμα 5.14. Επίδραση του είδους γάλακτος και του χρόνου ωρίμανσης στην ενέργεια κατά τη δεύτερη δαγκωματιά (A<sub>2</sub>) των δειγμάτων του τυριού.



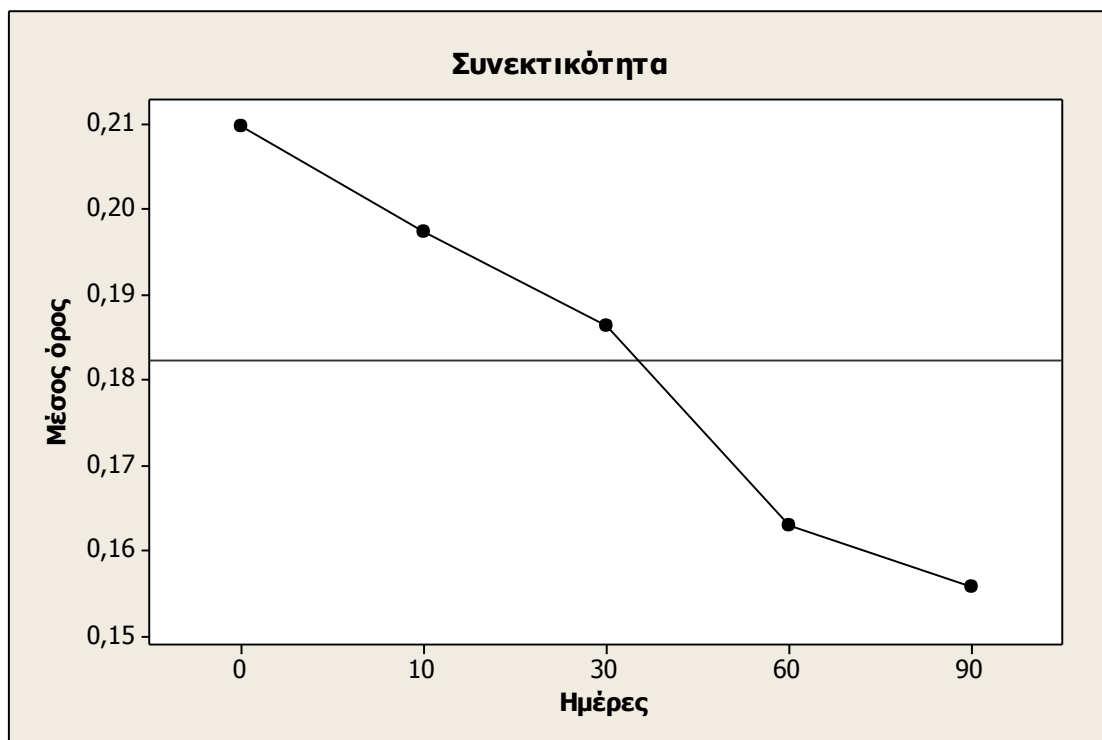
Σχήμα 5.15. Επίδραση του είδους γάλακτος και του χρόνου ωρίμανσης στην Ελαστικότητα (S) (m) των δειγμάτων του τυριού

Τέλος, ο λόγος  $A_2$  προς  $A_1$  (που ορίζεται ως συνεκτικότητα) παρουσιάζει στατιστικά σημαντικές διαφορές μόνο ως προς τον χρόνο ωρίμανσης του τυριού και αυτό φαίνεται από το Σχήμα 5.16. Σύμφωνα με τις πολλαπλές συγκρίσεις του Tukey, η κατάταξη των δειγμάτων κατά αύξουσα σειρά και η επικάλυψη των μέσων όρων είναι η εξής:

Ημέρες:

90 60 30 10 0

\_\_\_\_\_



Σχήμα 5.16. Επίδραση του χρόνου ωρίμανσης στην συνεκτικότητα των δειγμάτων τυριού.

Η μείωση των ιδιοτήτων της υφής με την αύξηση του ποσοστού προσθήκης βουβαλίσσιου γάλακτος στα δείγματα τυριού οφείλεται στην αυξημένη περιεκτικότητα αυτού σε λίπος. Το λίπος ενεργεί ως λιπαντικό στις επιφάνειες θραύσης του καζεϊνικού πλέγματος και με αυτόν τον τρόπο μειώνεται η τάση που απαιτείται για να παραμορφωθεί το πλέγμα. Επιπλέον, τα λιποσφαίρια του βουβαλίσσιου γάλακτος έχουν μεγαλύτερο μέγεθος από αυτά του αγελαδινού (Khedkar et al., 2003). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τα μεγαλύτερου μεγέθους λιποσφαίρια να διασπών τη συνοχή του πρωτεϊνικού πλέγματος και να προκαλούν την μείωση της αντίστασης του κατά την εφαρμογή δύναμης τάσης.

Η αύξηση του χρόνου ωρίμανσης είχε ως αποτέλεσμα τη μείωση των ιδιοτήτων της υφής εξαιτίας της διάσπασης του πρωτεϊνικού πλέγματος, όπως αυτό αποδεικνύεται και από την αύξηση του συντελεστή ωρίμανσης των δειγμάτων κατά τη διάρκεια της ωρίμανσης τους.

### 5.2.2. Δοκιμή χαλάρωσης

Οι πληροφορίες που αντλούνται από το τεστ της χαλάρωσης (stress relaxation) είναι πολύ σημαντικές, καθώς αφορούν φαινόμενα που συμβαίνουν σε διάφορα προϊόντα διατροφής κατά την ωρίμανση τους (Kim & Okos, 1999). Με τον όρο στρες, ορίζεται η εφαρμογή δύναμης πάνω σε μία περιοχή ενός υλικού. Η περιοχή στην οποία διανέμεται η δύναμη, μπορεί να είναι μία επιφάνεια (π.χ. η επιφάνεια ενός κυλινδρικού δείγματος εκτίθενται σε μια πλάκα συμπίεσης), όπως στην περίπτωση του τυριού, στο οποίο η δύναμη εφαρμόζεται στην επιφάνεια του και διανέμεται σε όλο το υλικό.

Τα αποτελέσματα από την εφαρμογή της χαλάρωσης στα δείγματα των λευκών τυριών απεικονίζονται στον Πίνακα 5. 4.

Πίνακας 5.4. Αποτελέσματα της εφαρμογής της δοκιμής χαλάρωσης στα δείγματα λευκών τυριών

<i>Είδος Γάλακτος</i>	<i>Χρόνος Ωρίμανσης (Ημέρες)</i>	<i>F<sub>0</sub> (N)</i>	<i>F<sub>5</sub> (N)</i>	<i>F<sub>5</sub>/F<sub>0</sub></i>
Αγελαδινό 100%	0	14,20	1,15	0,13
	10	13,00	0,82	0,11
	30	9,20	0,45	0,12
	60	8,40	1,05	0,10
	90	4,45	0,63	0,10
Βουβαλίσιο 100%	0	9,10	0,54	0,12
	10	6,00	0,48	0,10
	30	4,80	0,34	0,11
	60	3,55	1,65	0,14
	90	3,20	1,15	0,11
Αγελ-Βουβ 70-30%	0	12,70	0,83	0,13
	10	8,10	0,86	0,14
	30	8,25	0,72	0,10
	60	7,10	0,42	0,10
	90	4,00	1,20	0,11
Αγελ-Βουβ 30-70%	0	10,10	0,96	0,12
	10	6,90	0,50	0,14
	30	5,50	0,63	0,12
	60	4,55	0,50	0,11
	90	3,55	0,39	0,11

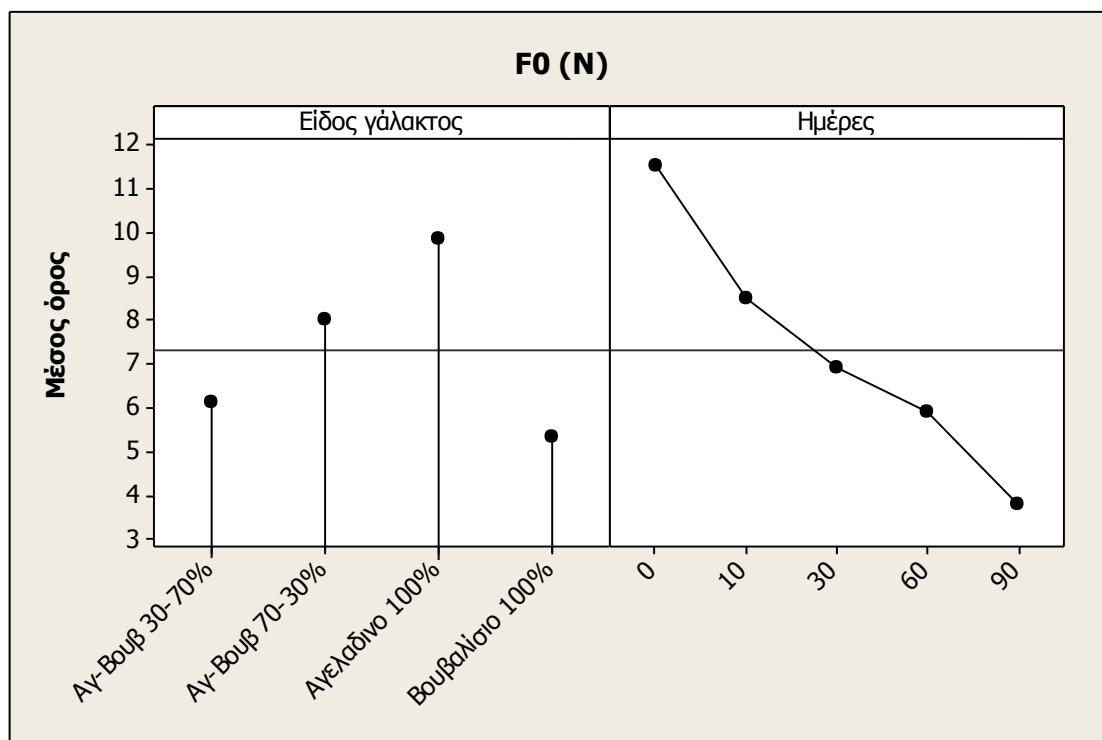
Αρχικά στη δοκιμή της χαλάρωσης εφαρμόζεται πολύ γρήγορα μία δύναμη και μετά παρατηρείται η χαλάρωση με την πάροδο του χρόνου. Η εφαρμογή της ANOVA στα αποτελέσματα της χαλάρωσης, έδειξε ότι η δύναμη  $F_0$  επηρεάζεται και από το είδος του γάλακτος και από τις ημέρες ωρίμανσης, ενώ το ίδιο παρατηρήθηκε και στην  $F_5$  ( $p < 0,05$ ) (Σχήμα 5.17. και 5.18, αντίστοιχα). Η κατάταξη των δειγμάτων με αύξουσα σειρά και για τις δύο ιδιότητες σύμφωνα με τον έλεγχο του Tukey είναι η εξής:

Είδος γάλακτος: Βουβαλίσιο 100% = Αγελ-Βουβ 30-70% < Αγελ-Βουβ 70-30% < Αγελαδινό 100%.

Ημέρες ωρίμανσης: 90 < 60 = 30 < 10 < 0

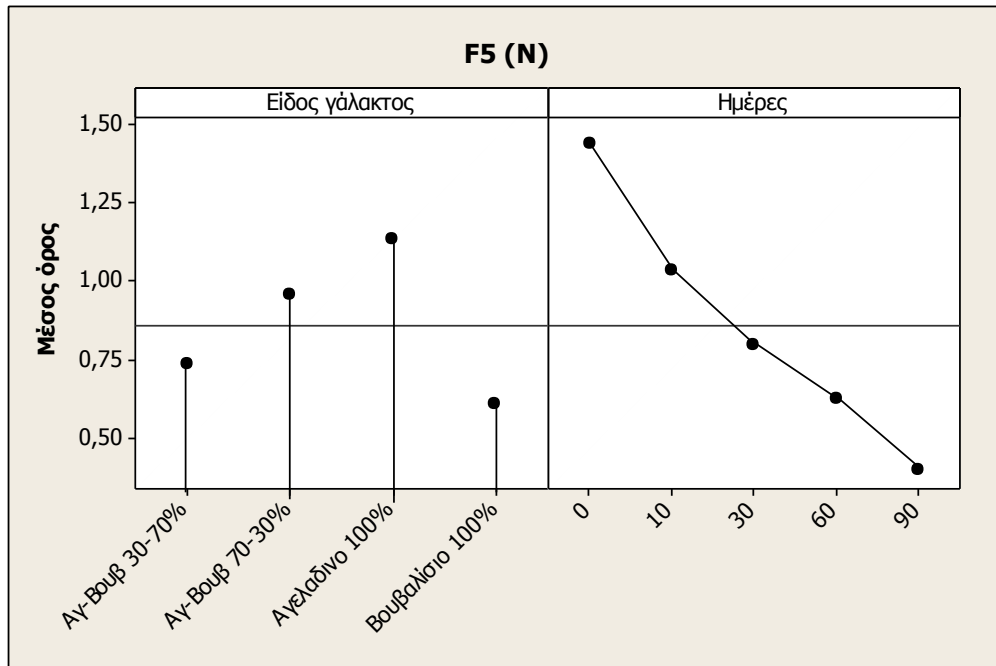
Εξαιτίας της μεγαλύτερης περιεκτικότητας του βουβαλίσιου γάλακτος σε λίπος τα δείγματα που παρασκευάστηκαν με αμιγώς βουβαλίσιο γάλα και προσθήκη αυτού στο αγελαδινό σε ποσοστό 70% εμφάνισαν τις μικρότερες τιμές σε  $F_0$  και  $F_5$ .

Η μείωση των  $F_0$  και  $F_5$  με την αύξηση του χρόνου ωρίμανσης οφείλεται στη διάσπαση της καζεΐνης και την αποδυνάμωση του πρωτεϊνικού πλέγματος.





Σχήμα 5.17. Επίδραση του είδους του γάλακτος και του χρόνου ωρίμανσης των δειγμάτων λευκού τυριού στην αρχική δύναμη χαλάρωσης  $F_0$ .



Σχήμα 5.18. Επίδραση του είδους του γάλακτος και του χρόνου ωρίμανσης των δειγμάτων λευκού τυριού στην υπολειμματική δύναμη χαλάρωσης  $F_5$ .

Ο λόγος  $F_5 / F_0$  δεν εμφάνισε στατιστικά σημαντική διαφορά για κανέναν από τους δύο μελετούμενους παράγοντες.

## 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το είδος του γάλακτος επηρέασε τη φυσικοχημική σύσταση των δειγμάτων λευκού τυριού. Τα δείγματα που παρασκευάστηκαν με βουβαλίσιο γάλα παρουσίασαν την υψηλότερη περιεκτικότητα (%) σε ξηρή ουσία, λίπος, λίπος επί ξηρής ουσίας, άζωτο, υδατοδιαλυτό άζωτο και υδατοδιαλυτό επί ολικού αζώτου.

Η αύξηση του χρόνου ωρίμανσης είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση του συντελεστή ωρίμανσης των δειγμάτων, εκφρασμένου ως υδατοδιαλυτό επί ολικού αζώτου (%), μέχρι και τις 90 ημέρες αποθήκευσης τους.

Τα δείγματα που παρασκευάστηκαν με αυξημένα ποσοστά προσθήκης βουβαλίσιου γάλακτος εμφάνισαν τις μικρότερες τιμές στις ιδιότητες της υφής.

Η αύξηση του χρόνου ωρίμανσης είχε ως αποτέλεσμα την αποδυνάμωση του πρωτεϊνικού πλέγματος και τη μείωση των ιδιοτήτων της υφής.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

### ***A. Ξένη βιβλιογραφία***

1. Ahmad S., Gaucher I., Rousseau F., Beaucher E., Piot M., Grongnet J. F., Gaucheron F. (2008). Effects of acidification on physico-chemical characteristics of buffalo milk: A comparison with cow's milk. *Food Chemistry*, 106, 11-17.
2. Ardö Y. & Polychroniadou A. (1999). Laboratory manual for chemical analysis of cheese, European communities, Luxemburg
3. Desmazeaud M. J. & Gripon J. C. (1977). General mechanism of protein breakdown during cheese ripening. *Milchwissenschaft*, 32, 731-734.
4. Fox P. F. & McSweeney P. L. H. (1996). Proteolysis in cheese during ripening. *Food Reviews International*, 12, 457-509.
5. Fox P. F., Guinee T. P., Cogan T. M., McSweeney P. L. H. (2000). *Fundamentals of cheese science*, Aspen Publishers, Gaithersburg, Maryland.
6. Ganguli N. C. (1992). Milk processing and marketing. In: *Buffalo production in subsereis: production-system approach*, (Tulloh N. M. & Holmes J. H. G., Ed), pp. 393-411.
7. Kim M. H. & Okos M. R. (1999). Some physical, mechanical, and transport properties of crackers related to the checking phenomenon. *Journal of Food Engineering*, 40, 189-198.
8. Kirk R. S. & Sawyer R. (1991). *Pearsin's Composition and Analysis of Foods*, 9th ed, Longman Scientific and Technical, London.
9. Kuchroo C. N. & Fox P. F. (1982). Soluble nitrogen in Cheddar cheese: Comparison of extraction procedures. *Milchwissenschaft*, 37, 331-335
10. Mumm H., Kynast S., Gussek K. W., Kellermann R., Konra D. H., Keller W. (1970). *Methoden Bd. VI : Untersuchung von Milch, Milcherzeugnissen und Molkereihiftstoffen*, 3rd ed. Neumann Verlag, Würzburg.
11. Patino E. M. (2004). Factores que afectan las propiedades físicas y la composición química de la leche de bufalas (*Bubalis bubalis*) en Corrientes, Argentina. *Revista Veterinaria*, 15, 21-25.
12. Prentice J. H. (1987). Cheese Rheology. In: *Cheese: Chemistry, physics and microbiology*, (Fox P. F., Ed), pp. 303-340, Volume 1 (General aspects), LTD Elsevier Applied Science Publishers, London.
13. Rank T. C., Grappin R. & Olson N. F. (1985). Secondary proteolysis in cheese during ripening: a review. *Journal of Dairy Science*, 68, 801-805.
14. Rea S., Chikuni K., Branciarri R., Sangamayya S. R., Ranucci D., Avellini P. (2001). Use of duplex polymerase chain reaction (duplex PCR) technique to

identify bovine and water buffalo milk used in making mozzarella cheese. *Journal of Dairy Research*, 68, 689-698.

15. Roy N. K., Nagpal D. C., Sadana T. D., Sharma G. S. (1972). Electrical conductance of milk from buffalo and cattle of Indian origin. 1. Correlation with fat and SNF. *Milchwissenschaft*, 27, 634–637.
16. Schneider K. & Roeder H. (1979). *Die PractischeMilchprufung und die kontrolle von Molkereiprodukten*, Wyss Erben, Bern.
17. Sindhu J. S. & Arora S. (2011). Buffalo milk. *Encyclopaedia of Dairy Sciences*, 2nd Edition, 503-511.
18. Smit G. (2003). *Dairy Processing – Improving Quality*. Woodhead Publishing Limited, Cambridge.
19. Spanghero M. & Susmel P. (1996). Chemical composition and energy content of buffalo milk. *Journal of Dairy Research*, 63, 29–633.
20. Steffe J. F. (1996). *Rheological methods in food process engineering*, 2nd edition, Freeman Press, East Lansing.
21. VDLUFA, (1985). *Methodenbuch Bd VI : Chemische, physicalische und mikrobiologische Utersuchungs – Verfahren fur Milch, Milchprodukte und Molkereihilfsstoffe*. Darmstadt : VDLUFA –Verlag.

## ***B. Ελληνική βιβλιογραφία***

1. Ζερφυρίδης Γ. (2001). *Τεχνολογία προϊόντων γάλακτος*, 2η έκδοση. Εκδόσεις Γιαχούδη - Γιαπούλη. Θεσσαλονίκη.
2. Καζάζης Ι. (1995). *Γενικός ποιοτικός έλεγχος τροφίμων*. Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα.
3. Κεχαγιάς Χ. (2011). *Γάλα: Επιστήμη και έλεγχος για την διασφάλιση της ποιότητας*. Εκδόσεις Ίων, Αθήνα.
4. Μάντης Α. Ι. (2005). *Υγιεινή και Τεχνολογία του Γάλακτος και των Προϊόντων του*, 3η Έκδοση. Εκδοτικός Οίκος Αδελφών Κυριακίδη, Α.Ε: Αθήνα.
5. Παναγιωτόπουλος Ν. (1981). *Αρχές επεξεργασίας Γαλακτοκομικών προϊόντων II* , pp 41-42. Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων , Αθήνα
6. Πετρίδης Δ. (2000). *Εφαρμοσμένη στατιστική*. Εκδόσεις Όμηρος, Θεσσαλονίκη.